

PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA PARA EL MANEJO DE LODOS Y AGUAS EN EL
SECTOR NOROCCIDENTAL DEL HUMEDAL TIERRA BLANCA UBICADO EN
SOACHA, CUNDINAMARCA.

JENFRE ZULAY PÁEZ HIGUERA

UNIVERSIDAD LIBRE FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

BOGOTÁ 09/09/2015

PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA PARA EL MANEJO DE LODOS Y AGUAS EN EL
SECTOR NOROCCIDENTAL DEL HUMEDAL TIERRA BLANCA UBICADO EN
SOACHA, CUNDINAMARCA.

JENFRE ZULAY PÁEZ HIGUERA

Propuesta de Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director del proyecto: Ingrid Alexandra Rivera Díaz

ING. Agrícola M.Sc. Ciencias Agrarias

Asesor del proyecto: Rafael Nikolay Agudelo Valencia

ING. Químico M.E Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD LIBRE FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

BOGOTÁ 09/09/2015

Declaratoria de originalidad:

La presente propuesta de trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental de la Universidad Libre no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de calificación alguna, ni de título, o grado diferente o adicional al actual. La propuesta de tesis es resultado de las investigaciones del autor (es), excepto donde se indican las fuentes de Información consultadas”.

JENFRE ZULAY PÁEZ HIGUERA



Código: 064102004

DEDICATORIA

A Dios por ser esa fuerza incondicional que me ha permitido superarme cada día más y por regalarme la fortuna de tener a mi familia compartiendo cada triunfo en mi vida.

A mi familia y muy especialmente a mi padre German Páez Vargas por sembrar en mí excelentes valores éticos y por todo su esfuerzo, dedicación y sacrificio con el que día a día hizo posible que cumpliera mis sueños.

A mis amigos, compañeros y docentes, los cuales estuvieron en mi proceso de aprendizaje y compartieron conmigo cada enseñanza y momento especial vivido en esta maravillosa etapa

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por acompañarme y apoyarme incondicional en esta etapa y darme fuerzas para lograr mis metas.

A la ingeniera Ingrid Alexandra Rivera por brindarme sus conocimientos, amistad, compañía y apoyo en este camino.

Al Ingeniero Rafael Nikolay Agudelo Valencia por sembrar grandes conocimientos y hacer de mí una mejor profesional.

A Camilo González por brindarme su acompañamiento y conocimientos en el desarrollo del proyecto.

A mis amigos, quienes con sus bromas y enseñanzas hicieron de esta etapa una realmente inolvidable.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	12
1.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
2	JUSTIFICACIÓN	15
3	OBJETIVOS	18
3.1	OBJETIVO GENERAL	18
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4	ANTECEDENTES	19
5	MARCO REFERENCIAL	20
5.1	MARCO CONCEPTUAL	20
5.2	MARCO TEÓRICO	25
5.2.1	Humedales	25
5.2.2	Importancia	26
5.2.3	Humedales en Colombia.....	27
5.2.4	Humedales de Cundinamarca	27
5.2.5	Humedales de Soacha.....	28
5.2.6	Humedal Tierra Blanca.....	30
5.2.7	Morfometría hidrográfica del humedal	31
5.2.8	Nivel de degradación o grado de perturbación:	32
5.2.9	Técnicas de restauración de humedales.....	34
5.3	MARCO GEOGRÁFICO	37
5.3.1	Ubicación.....	37
5.4	MARCO LEGAL	40
6	APROXIMACIÓN METODOLÓGICA	45
7	RESULTADOS	50

7.1	Capítulo 1	50
7.2	Capítulo 2	53
7.2.1	Agua	54
7.2.2	Lodo	68
7.3	Capítulo 3	85
7.3.1	Agua	86
7.3.2	Lodo	90
8	CONCLUSIONES.....	92
9	RECOMENDACIONES.....	94
10	ANEXOS	95
11	BIBLIOGRAFÍA.....	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Humedales identificados por región.....	28
Tabla 2 Marco legal	40
Tabla 3 Especificaciones cartografía.....	51
Tabla 4 Decreto 3930 de 2010, donde se asignan los usos del agua y residuos líquidos.....	54
Tabla 5 pH.....	56
Tabla 6 Oxígeno disuelto	57
Tabla 7 DBO.....	59
Tabla 8 DQO	60
Tabla 9 Nitrógeno total Kjeldahl	62
Tabla 10 Fósforo.....	63
Tabla 11 Plomo.....	64
Tabla 12 Cadmio.....	66
Tabla 13 Zinc.....	67
Tabla 14 pH.....	69
Tabla 15 Carbono orgánico	70
Tabla 16 Materia orgánica	72
Tabla 17 Densidad real.....	73
Tabla 18 Color del lodo húmedo.....	74
Tabla 19 Color del lodo seco	75
Tabla 20 Capacidad de intercambio catiónico.....	76
Tabla 21 Plomo.....	78
Tabla 22 Magnesio.....	79
Tabla 23 Cadmio.....	80
Tabla 24 Zinc.....	81
Tabla 25 Calcio intercambiable	82
Tabla 26 Sodio intercambiable	83
Tabla 27 Magnesio intercambiable	84
Tabla 28 Ficha de manejo N° 1.....	86
Tabla 29 Ficha de manejo N° 2.....	87
Tabla 30 Ficha de manejo N° 3.....	88
Tabla 31 Ficha de manejo N°4.....	89

Tabla 32 Ficha de manejo N° 5.....	90
------------------------------------	----

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1 pH	56
Gráfica 2 DBO	58
Gráfica 3 DQO.....	60
Gráfica 4 Nitrógeno total Kjeldahl.....	61
Gráfica 5 Fósforo	62
Gráfica 6 Plomo	64
Gráfica 7 Magnesio	65
Gráfica 8 Cadmio	66
Gráfica 9 Zinc	67
Gráfica 10 pH	68
Gráfica 11 Carbono orgánico.....	70
Gráfica 12 Materia orgánica.....	71
Gráfica 13 Densidad real	72
Gráfica 14 Capacidad de intercambio catiónico	76
Gráfica 15 Plomo	77
Gráfica 16 Magnesio	78
Gráfica 17 Cadmio	79
Gráfica 18 Zinc	80
Gráfica 19 Calcio intercambiable.....	82
Gráfica 20 Sodio intercambiable.....	83
Gráfica 21 Magnesio intercambiable	84

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1 Humedal tierra Blanca	39
Imagen 2 Georeferenciación y mapificación Humedal Tierra Blanca.....	52

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Cartografía Humedal Tierra Blanca	95
Anexo 2 Análisis estadístico parámetros de aguas	96
Anexo 3 Análisis estadístico parámetros de lodos	99
Anexo 4 Imágenes	102

1 INTRODUCCIÓN

DISEÑAR UNA ESTRATEGIA PARA EL MANEJO DE LODOS Y AGUAS EN EL SECTOR NOROCCIDENTAL DEL HUMEDAL TIERRA BLANCA UBICADO EN SOACHA, CUNDINAMARCA.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El humedal Tierra Blanca localizado al nororiente del casco urbano del municipio de Soacha departamento de Cundinamarca (Salazar, 2006), presenta desde hace unos años alteraciones degenerativas en sus aguas, suelo y vegetación, debido a la contaminación que se genera por parte de los habitantes de la zona e industrias aledañas. Los humedales son ecosistemas que proporcionan gran variedad de servicios ambientales a la sociedad y teniendo en cuenta el desarrollo acelerado de esta sin la correcta planificación de espacios y con un total desconocimiento de la legislación nacional e internacional (SETENA, 2006), estos importantes ecosistemas han ido perdiendo sus propiedades naturales, las cuales son necesarias para el desarrollo natural y humano.

El humedal Tierra Blanca no cuenta con un adecuado manejo; ni por parte de las entidades encargadas y mucho menos por la comunidad la cual no ha conservado el ecosistema y por el contrario han ido alterando cada vez más sus condiciones naturales; a tal punto que sus aguas presentan, olores fétidos, incomodidad visual por tonalidad oscura y el aspecto es totalmente desagradable.

Entre las principales causas de contaminación del humedal se encuentra “la invasión de la ronda hídrica del humedal por viviendas e industrias ubicadas principalmente en el costado sur; las cuales han alcanzado un volumen considerable y vienen generando altas cantidades de carga residual, gran cantidad de basura - residuos sólidos tanto dentro del humedal como en sus zonas alinderantés y canales entrantes ocasionando alteraciones bastantes significativas principalmente en el cuerpo de agua. Estas aguas servidas están aportando contaminantes al ecosistema afectando no solo a las especies vegetales y animales que lo habitan; sino también a la misma comunidad aledaña (Soacha, 2012).

Las características esenciales de humedal se han perdido a causa de los mencionados factores, dando origen a transformaciones y procesos que determinan la desaparición total o el cambio de las propiedades del humedal, con tal suerte que este dejaría de considerarse como un ecosistema importante, y los cambios que se pueden presentar afectan atributos físicos, químicos o biológicos (Ambiente, 2014).

Siendo importantes estos aspectos se toma en cuenta los resultados de investigaciones en el humedal de Waterloo en Ontario el cual presenta características similares al humedal Tierra Blanca, los resultados plantean cuatro importantes cuestiones de interés a tener en cuenta incluyendo: 1) La escorrentía urbana que entra al humedal disminuye la calidad del agua; 2) Especies invasoras de vegetación amenazan la biodiversidad; 3) Hay disminución de fauna por tala de árboles para construcción de humedales artificiales así como para aprovechamiento ilegal; 4) La falta de un sistema de senderos delineados reduce el valor recreativo de los Humedales y conduce a pérdida de vegetación (Hopkinson et al., 1997).

Otra de las causas que ha generado el deterioro del humedal y su problemática ambiental, es la falta de conocimiento de la normatividad y falta de educación ambiental. Y teniendo en cuenta esta importante causa, la normativa de la convención sobre humedales firmada en 1971, en la ciudad de Ramsar de Irán; llega a uno de los primeros acuerdos enfocado a estos ecosistemas.

La filosofía de la Convención sobre Humedales en Ramsar gira en torno al concepto de "Uso racional", el cual se define como "el mantenimiento de características ecológicas, logrado mediante la implementación de enfoques por ecosistemas, dentro del contexto del desarrollo sostenible". Y teniendo la convención este enfoque se dice que, la conservación de los humedales, así como su uso sostenible y el de sus recursos, se hallan en el centro del "uso racional" en beneficio de la humanidad (MADS, 2010).

La mayoría de humedales ubicados en Soacha requieren de intervención por parte del estado a causa del deterioro de sus condiciones ecológicas con el firme propósito de garantizar su permanencia en el tiempo y devolverles sus características naturales, (...) (Soacha, 2012).

Los malos olores, mala calidad del agua y mal aspecto estético del humedal afectan tanto el recurso natural como la calidad de vida y salud de los habitantes del sector, razón por la cual se debe analizar distintas alternativas para el manejo de lodos y aguas del humedal con el fin de recuperar las características ecológicas de tan preciado ecosistema.

2 JUSTIFICACIÓN

Los cuerpos de agua en nuestra sabana son, ciertamente, cuerpos enfermos y víctimas pacientes del desarrollo urbano, sociocultural y económico. De los tres humedales que subsisten en el perímetro urbano del municipio de Soacha (Neuta, Tibanica, Tierra Blanca) quizá ninguno sufra de manera tan intensa el impacto poblacional como el último en mención (Jimenez, 2013).

Los humedales en el contexto global presentan gran importancia biológica para el planeta en general tanto por la presencia de fenómenos biológicos, como por su significación, de recurso hídrico, y mantenimiento de hábitats únicos de flora – fauna (Ariza, 2011). De igual manera para la sociedad presentan interés en cuanto a satisfacción de necesidades básicas, productividad, prevención de riesgos, además de considerarse como ecosistemas de equilibrio ecológico y son receptores de desechos (Salazar, 2006).

Entre las causas de la degradación de los ecosistemas humedales se encuentra en primera instancia la intervención antropogénica, la cual altera totalmente el ciclo natural y contribuye a que fenómenos como el calentamiento global y efecto invernadero se aceleren, de esta manera se hacen consideraciones importantes como aumentos de temperatura, estimación de elevadas concentraciones de dióxido de carbono y otros "gases de invernadero" que absorben significativamente la radiación térmica utilizando esto como evidencia de una elevación de clima en el próximo medio siglo (Bardecki, 1991). Debido a que se disminuye carga hídrica por escorrentía y precipitación llegan a estados de sequía extrema perdiendo una de sus principales característica que es brindar servicios hídricos a la comunidad.

Los humedales son considerados áreas de protección del sistema hídrico y son de uso público, necesarios para la preservación y manejo ecológico de los recursos hídricos, son de tal importancia que para su protección se definen las siguientes distancias mínimas para la construcción de áreas urbanas o ejercer cualquier otra actividad que altere estos ecosistemas:

Río Bogotá 270 mts, río Soacha 30 mts. Humedales Neuta, Tierra Blanca y Maiporé 30 mts, y embalse de Terreros 30 mts (Jimenez, 2000), las disposiciones de distancias mínimas comparadas con el estado actual del humedal evidencian un no cumplimiento alterando día a día a gran escala los ecosistemas de humedal.

Por este creciente deterioro de los humedales han surgido iniciativas encaminadas a detener cada uno de los procesos que afectan directa o indirectamente a los humedales entre estas el Acuerdo 33/09 en el cual “El humedal Tierra Blanca se declara reserva hídrica, se establece su franja de protección y se adoptan otras determinaciones”(Ariza, 2011). Aunque hay una demanda bastante grande por estrategias de planificación y manejo de carácter ambiental, en la actualidad las sociedades, sectores económicos y políticos no han implementado ninguna medida que sea lo suficientemente eficiente, como son las medidas de revegetalización y estrategias de recuperación del recurso hídrico y de suelos (Andrade P et al, 2002).

Es por tal razón que esta investigación intenta identificar qué sustancias y cuáles son las cantidades en que estas se presentan en el humedal, para establecer la estrategia apropiada y eficiente que permita contribuir a la solución del problema de contaminación del humedal sin que se vea afectado este ni la población (Andrade P et al, 2002).

El proyecto se desarrolló teniendo en cuenta y como referencia el Canal Canoas, ubicado en el sector noroccidental del humedal Tierra Blanca, debido a que es uno de los lugares más vulnerables, porque se encuentra cercano a la zona industrial, residencial y al tráfico vehicular; el sector fue priorizado por su grado de alteración urbana y deterioro ambiental y se acordó trabajarlo con la Corporación Autónoma Regional CAR, debido a la falta de estudios realizados en estos ecosistemas de gran importancia y principalmente por la poca información y grado de desconocimiento y desinterés en el humedal Tierra Blanca, se llevó a cabo el estudio como un reto para la Ingeniería Ambiental asumiendo el problema específico de este humedal en particular, y también es donde nos brindan el apoyo y la seguridad para el desarrollo del proyecto.

Este proyecto está enmarcado dentro del PLAN PADRINO establecido entre la Universidad Libre y la CAR, en cual se inició en Octubre del 2013. Este documento reposa en la dirección de Programa y en el Consultorio Ambiental. Parte de convenio marco CAR - Universidad Libre.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar una estrategia para el manejo de lodos y aguas en el sector noroccidental del humedal Tierra Blanca ubicado en Soacha, Cundinamarca.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Georeferenciar y mapificar la zona de estudio con un sistema de información geográfico - SIG.
- Caracterizar física y químicamente lodos y aguas para evaluar el grado de contaminación del humedal en el sector noroccidental.
- Diseñar la estrategia para el uso y tratamiento de lodos y aguas llegando así a contribuir a la protección del humedal en el sector de estudio.

4 ANTECEDENTES

Los antecedentes encontrados de estudios realizados en el Humedal Tierra Blanca, son principalmente un estudio de parámetros fisicoquímicos para verificar la calidad los suelos y agua del humedal, este estudio fue realizado por la CAR en el año 2014. Para la investigación realizada por el Corporación Autónoma regional se seleccionaron 3 puntos de muestreo en los cuales se caracterizaron parámetros como pH en cual arrojo valores de pH básicos, y el análisis de metales arrojo datos por debajo del límite de cuantificación.

La Contraloría de Soacha en el año 2012 realizó una visita de seguimiento a los Humedales de Soacha, donde se evidenció el estado de deterioro ambiental a causa de vertimientos así como a la inadecuada disposición de residuos sólidos, también se verificaron las condiciones de invasión que esté presenta en su ronda hídrica.

5 MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO CONCEPTUAL

Carbono orgánico: se relaciona con la sustentabilidad de los sistemas agrícolas afectando las propiedades del suelo relacionadas con el rendimiento sostenido de los cultivos. El COS se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al aportar elementos como el N cuyo aporte mineral es normalmente deficitario (Martínez et al, 2004).

El carbono orgánico del suelo, COS, afecta la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo vinculadas con su: 1) calidad (Carter, 2002, Wander et al., 2002), 2) sustentabilidad (Carter, 2002, Acevedo y Martínez, 2003) y 3) capacidad productiva (Sánchez et al., 2004, Bauer y Black, 1994) por lo que en un manejo sustentable, el COS debe mantenerse o aumentarse

Materia orgánica: Se conoce como materia orgánica del suelo (MOS) a un conjunto de residuos orgánicos de origen animal y / o vegetal, que están en diferentes etapas de descomposición, y que se acumulan tanto en la superficie como dentro del perfil del suelo (Rosell, 1999). Además, incluye una fracción viva, o biota, que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos (Aguilera, 2000).

Color: El color del suelo refleja la composición, las condiciones pasadas y presentes de óxido- reducción del suelo. Está determinado por el revestimiento de partículas muy finas de materia orgánica humificada indicando la formación de humus, la cual asigna un color (oscuro),

óxidos de hierro caracterizándose por tener colores (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxidos de manganeso con color (negro) y otros. (FAO, 2009).

Densidad real: Densidad de las partículas (minerales y orgánicas), corresponde al peso de la unidad de volumen de los sólidos del suelo. (Gutiérrez, 2010).

Capacidad de intercambio catiónico: Refleja la capacidad que tiene el suelo para retener y liberar iones positivos(cationes), es la suma total de los cationes intercambiables del suelo, mayor CIC indica mayor cantidad de cationes que el suelo puede retener, es expresada en miliequivalentes (meq)/100 g de suelo, aunque en la actualidad se utiliza la unidad cmolc/kg. A medida que la CIC es más elevada la fertilidad del suelo aumenta. (Henriquez, et al, 2005).

Bases intercambiables N, P, K,Mg: Son los metales alcalinos y alcalinoterreos: Calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), sodio (Na^{+}) y potasio (K^{+}) absorbidos por los constituyentes arcillosos y orgánicos del suelo y pueden intercambiarse entre ellos o con otros iones cargados positivamente en la solución del suelo, el exceso de alguno impide la disponibilidad de cualquier otro. (Inegi, 2000).

DBO5: Determina los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica de aguas industriales, municipales, y generalmente residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Los datos de la prueba de la DBO se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales. (Drcalderon, 2015).

DQO: Demanda química de oxígeno, es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Específicamente representa el contenido orgánico total de la muestra, oxidable por dicromato en solución ácida. (Gil, 2009)

OD: Cantidad de oxígeno disuelto en el agua, esencial para los cuerpos hídricos saludables; se considera como un indicador de calidad del agua ayudando a la conservación de vida vegetal y animal, niveles altos de oxígeno disuelto indica agua de buena calidad y por el contrario bajos niveles de oxígeno es indicio de mala calidad afectando la flora y fauna. (Pulla, 2007).

Nitrogeno total kjeldahl: Refleja la cantidad total de nitrógeno en el agua analizada, suma del nitrógeno orgánico en sus diversas formas. Una concentración alta indica contaminación fresca o reciente considerándose como peligro potencial. (IDEAM, 2007).

Fosforo (P): El fósforo es un nutriente esencial para los organismos vivos; en sistemas hídricos está sujeto a procesos de transformación continua que incluyen consumo o desprendimiento del elemento en sus diferentes formas o especies. Se ha considerado como un parámetro crítico en la calidad de aguas debido a su influencia en el proceso de eutrofización, de ahí la importancia de disponer de las técnicas analíticas y de muestreo adecuadas para la determinación de la concentración de las diferentes especies que pueden estar disueltas en el agua, adsorbidas sobre partículas o asociadas con organismos acuáticos. (Fuentes, 2001).

pH: La calidad del agua y el pH están estrictamente relacionados. El pH es un factor muy importante, porque determinados procesos químicos solamente pueden tener lugar a un determinado pH, indica acidez o basicidad la cual es una de las propiedades más importantes del agua. Muchas reacciones químicas dentro de los organismos acuáticos (metabolismo celular) son necesarias para la supervivencia y crecimiento. Los organismos requieren un margen estrecho de valores de pH. (Terán, 2015).

Metales no esenciales tales como Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd) y Zinc (Zn): La expresión metales pesados se usa para aludir de un modo no muy preciso a ciertos elementos metálicos, y también a algunos de sus compuestos, a los que se atribuyen efectos de contaminación ambiental, toxicidad y eco toxicidad, se considera que tienen una densidad igual o superior a 6 g/cm³ cuando está en forma elemental, y es importante resaltar que su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0.1% y casi siempre menor al 0.01%., suele llamarse también como metales traza. Se diferencian en dos grupos los micronutrientes (necesarios para el desarrollo de algunos organismos) y los metales pesados no esenciales (aquellos en cuyas cantidades puede llegar a ocasionar daños y contaminación significativa) (Negrete, 2011).

Dragado: Una definición simple de dragado es la excavación subacuática de suelo y roca. El proceso consiste en cuatro fases: • Excavación • Transporte vertical • Transporte horizontal • Colocación o uso del material dragado. Para definir la cantidad o la zona a dragar, habitualmente se utilizan levantamientos batimétricos con técnicas acústicas y para entender la naturaleza del material a dragar, se pueden emplear técnicas de investigación geológica y geofísica. (IADC, 2010).

Límite de detección: Mínima concentración o la mínima masa de analito que se puede detectar para un nivel de confianza dado. Este límite depende de la relación entre la magnitud de la señal analítica y el valor de las fluctuaciones estadísticas de la señal del blanco. (Gomez, 2011).

5.2 MARCO TEÓRICO

5.2.1 Humedales

El término de humedales ha sido utilizado generalmente para definir los ecosistemas húmedos como pantanos, ciénagas, lagos, lagunas y áreas similares. Son terrenos saturados con agua que combinan las características de ecosistemas terrestres y acuáticos, y mantienen una actividad biológica que se adapta muy bien a ambientes húmedos; es por esto común encontrar la presencia de animales y plantas estrechamente relacionados con el medio acuático(Ariza, 2011), también se consideran como áreas que se inundan por temporadas, donde la capa freática aflora en la superficie, cerca de ella, o también en suelos de baja permeabilidad cubiertos por agua poco profunda (Peck, 2013); los elementos considerados más importantes de los humedales son el agua, el suelo o sustrato, y las comunidades biológicas, siendo el agua el principal elemento que controla la vida vegetal y animal relacionada con el ecosistema. Los humedales son considerados elementos esenciales dentro de la variedad de ecosistemas que tiene nuestro país y presentan gran importancia, por su oferta de bienes y prestación de servicios ambientales, para la economía nacional, regional y local (Andrade P, et al, 2002).

El agua siendo el eje primordial por el que los humedales tienen la importancia que hoy en día presentan, ha determinado que estos posean características diferenciadoras de los demás ecosistemas, se caracteriza por presentar particularidades en la diversidad biológica que habita en estos ecosistemas y que permiten la fácil adaptación al medio (Tiéga, 2008).

5.2.2 Importancia

En el pasado los humedales fueron considerados como pantanos, que se llenaron con grandes cantidades de agua abarcando extensiones de terreno muy amplias y con frecuencia se utilizaban sus servicios en la agricultura y la urbanización (Hopkinson et al., 1997).

En el ciclo hidrológico los humedales juegan un rol significativo para el mantenimiento de la calidad ambiental como para la regulación hídrica de las cuencas hidrográficas y la alta productividad por la diversidad biológica que sustentan, desarrolla funciones tales de mitigación de impactos por inundaciones, retención de sedimentos, control de la erosión del suelo, pesquerías prosperas, soporte para aves y otra vida silvestre, protección de biodiversidad, buena calidad de agua, estética y recreación, absorción de contaminantes, recarga hídrica y es hábitat para animales y plantas, incluyendo un número representativo de especies amenazadas y algunas de estas que están en vía de extinción (SETENA, 2006). Estos ecosistemas, se están viendo afectados y en algunos casos, por no decir la mayoría destruidos por algunos factores entre los que encontramos algunas técnicas de manejo ambiental inadecuadas, como políticas de desarrollo sectorial inconsistentes y desarticuladas (Andrade P, et al, 2002).

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado y ante la creciente pérdida de humedales, han ido surgiendo algunas iniciativas encaminadas a detener estos procesos que dan lugar a una rápida afectación de estos ecosistemas estratégicos. Y es así como en 1971 en Ramsar, Irán, la adopción de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, considerados especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, y variedad de fauna fue ratificada por alrededor de 123 países, representando esta convención reconocimiento

mundial acerca de la importancia y cada uno de los beneficios que ofrecen estos ecosistemas acuáticos para la naturaleza y la sociedad.

5.2.3 Humedales en Colombia

Colombia garantiza la sostenibilidad de los recursos hídricos que posee mediante el uso sostenible y conservación de estos ecosistemas estratégicos.

La conservación de los humedales es prioritaria para el cumplimiento de los objetivos de protección contemplados en los tratados internacionales de los cuales Colombia hace parte, teniendo como ejemplo el convenio sobre la diversidad biológica, y para responder al reto de conservar y aprovechar estos ecosistemas en el país, se formula la política para humedales interiores.(Min ambiente, 2002).

En 1999 el Ministerio de Medio Ambiente afirma que de acuerdo al concepto de humedal, en Colombia, el área total de dichos ecosistemas es de 20.252.500 hectáreas, representados principalmente por lagos, pantanos y turberas, ciénagas, llanuras y bosques inundados. Se han ido identificando 27 complejos de humedales continentales, teniendo en cuenta las condiciones topográficas e hidrográficas.

5.2.4 Humedales de Cundinamarca

En el 2011, en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional, omitiendo aquellos humedales y complejos de humedales ubicados en las zonas de páramo, se tienen

identificados 136 ecosistemas de humedal (Ariza, 2011).

A continuación se presenta la tabla con el contenido de humedales en Cundinamarca

Tabla 1 Humedales identificados por región

OFICINA PROVINCIALES	Nº HUMEDALES
Almeidas y municipio de Guatavita	5
Alto Magdalena	1
Bajo Magdalena	6
Bogotá - La Calera	3
Chiquinquirá	6
Rionegro	1
Sabana Centro	47
Sabana Occidente	39
Soacha	9
Sumapaz	8
Tequendama	5
Ubaté	6
Total	136

Fuente: Ariza, 2011

5.2.5 Humedales de Soacha

El Municipio cuenta con una gran cantidad de humedales que representan un gran porcentaje

del área municipal, de los cuales solo unos pocos han sido reconocidos por las autoridades competentes, dificultando su conservación y manejo. La mayoría de éstos ecosistemas se encuentran en un alto riesgo de desaparición viéndose afectados por la presencia en grandes cantidades de contaminación por residuos sólidos de todo tipo como lo son (escombros, basuras, cadáveres, etc.) y también disposición de aguas residuales domésticas e industriales, usos indebidos de su suelo para construir proyectos urbanísticos, vías, desarrollo de agricultura o zonas de pastoreo; su adecuación como lugar de consumo de drogas y la alta inseguridad que existe en la ronda de los mismos (Soacha, 2012). Sin embargo, existen muy pocos ecosistemas hídricos en el municipio que aún conservan algunas de sus características y funciones ecológicas; dado el carácter privado y el acceso restringido que han manejado los propietarios de dichas áreas para su preservación y protección. Sin incluir la invasión que se está presentando en gran parte del territorio del humedal.

Cada uno de los humedales de Soacha requiere urgentemente intervención por parte del Estado y las entidades competentes para su conservación y quizá devolverles un poco de sus características naturales siendo estas alteradas principalmente por desconocimiento y falta de cultura de los ciudadanos; retomando la visión del convenio Ramsar y dando cumplimiento a lo establecido en el artículo 79 de la Constitución Política la cual indica “Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”.

Los humedales de Soacha son:

1. HUMEDAL EMBALSE TERREROS

2. HUMEDAL LA TIBANICA
3. PREDIO RICATAMA I
4. PREDIO RICATAMA III
5. HUMEDAL NEUTA
6. HUMEDAL EL VÍNCULO
7. HUMEDAL EL CAJON
8. HUMEDAL LA MURALLA
9. HUMEDAL CANOAS
10. HUMEDAL LA CHUCUAPUYANA
11. HUMEDAL TIERRA BLANCA

5.2.6 Humedal Tierra Blanca

El humedal Tierra Blanca ubicado en Soacha entre los barrios Ducales, Santa Ana, Villa Italia y Compartir entre otros, en la Comuna N°1 del Municipio de Soacha (Soacha, 2012). Es uno de los más grandes ecosistemas característicos con que cuenta el municipio, pero ni por su conflicto social principalmente y aunque se encuentra entre las áreas protegidas del municipio por la Corporación Autónoma Regional CAR y ha sido declarada reserva hídrica (Ariza, 2011), el humedal ha hecho parte activa de los POT ni la población ha sido contemplada en marcos de restitución de tierras u otro plan que subsane el tejido social herido (Jiménez, 2013).

El humedal Tierra Blanca cuenta con Plan de Manejo por parte de la Corporación Autónoma Regional CAR al cual se le debe dar estricto cumplimiento, igualmente es

necesario iniciar acciones en procura de su recuperación y conservación. La Alcaldía Municipal debe ejecutar las acciones policivas que indica la Ley para proteger su zona de ronda (Alcaldía de Soacha, 2014).

La disminución, pérdida o destrucción del humedal está generando importantes costos a la sociedad, y como ejemplo de esto se encuentra la inversión de obras para reducir erosión cercana a ríos como también infraestructura para controlar la mayor cantidad de inundaciones que han ido dañando y deteriorando las propiedades características, y así también el elevado costos para la descontaminación de aguas, entre otras. Todas estas pérdidas y alteraciones comprometen también los beneficios más importantes que proporcionan los humedales incluyendo aquí el hábitat para la gran variedad de flora y fauna, protección de la calidad de agua, y reducción de daños por inundaciones (Salazar, 2006).

5.2.7 Morfometría hidrográfica del humedal

La fuente más importante de abastecimiento para el humedal es el canal Canoas, el cual proviene del río Soacha, es considerado como el último afluente del río Bogotá en la Sabana de Bogotá. Otras de las fuentes de abastecimiento es el agua de escorrentía de la microcuenca que recorre las calles de las urbanizaciones vecinas y la cual es recogida en sumideros y conducida por el alcantarillado pluvial, sin embargo este aporte así como el de infiltración es muy reducido. El humedal recibe un gran aporte de caudal gracias a las industrias cercanas como lo es Alfagres, y a vertimientos domésticos provenientes de las viviendas que ocupan la zona de ronda.

A continuación se presentan las características geométricas de la hoya hidrográfica directamente afluente al humedal Tierra Blanca la cual es bastante alargada y muy propensa a las crecientes (Salazar, 2006).

- Área de drenaje: 3.90 km²
- Perímetro: 12.3 km
- Altitud Media: 2650 msnm
- Longitud del Cauce Principal: 1990 m
- Caída Total del Cauce Principal: 260 m
- Pendiente Total del Cauce Principal: 13.06 %
- Pendiente Ponderada del Cauce Principal: 6.03 %
- Índice de Gravelius: 1.74
- Factor de Forma: 0.98

EL ÍNDICE DE GRAVELIUS: Debido a que el valor del índice es mayor a 1, identifica que el humedal Tierra Blanca posee una forma poco circular.

FACTOR DE FORMA: Permite medir la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la hoya, indicando que el humedal posee forma alargada.

5.2.8 Nivel de degradación o grado de perturbación:

Las perturbaciones o el nivel de degradación son aquellos procesos que afectan directa o

indirectamente la estructura y funcionamiento de los humedales. Pueden ser de dos clases según el comportamiento:

- i) Presión, es aquel donde el proceso perdura y actúa por periodos prolongados
- ii) Pulso, se caracteriza porque existe un único evento, encontrando como ejemplo perturbaciones catastróficas.

Otra manera de clasificar las perturbaciones es en función de su origen, estas pueden ser naturales o antrópicas, sin embargo los efectos que se generan sobre los humedales son muy parecidos. Las perturbaciones que son naturales generan modificaciones en los humedales, pero se destacan porque sus procesos forman parte de la dinámica de los mismos sistemas como ejemplo están las crecidas. Debido a que son dinámicas generadas por los mismos procesos los sistemas tienen la capacidad de resiliencia o buffer que es la capacidad de resistir o absorber estos efectos naturales. Mientras las perturbaciones antrópicas son procesos generados por la mano del hombre frecuentemente son procesos que degradan en magnitud significativa el medio, siendo generalmente casos de carácter negativo como ejemplo contaminación (SAG, 2006).

El nivel de degradación debe ser el factor más significativo e importante para llegar a determinar estrategias de manejo así como el tipo de medidas que son prioritarias, su medición se hace con terminología de baja a alta degradación (Lindig-cisneros, 2014).

5.2.9 Técnicas de restauración de humedales

Los humedales se encuentran bajo la continua influencia de los seres humanos y siendo las zonas húmedas los ecosistemas más ricos y de importancia significativa como también los más amenazados se reconsideran modelos para el correcto manejo de estos (Canicio et al, 2005).

Entre las técnicas para la protección conservación y recuperación de humedales encontramos algunas tales como rehabilitación y/o restauración y conservación, las cuales implementadas correctamente permite restringir importantes pérdidas ecológicas futuras.

La restauración según se dice debe realizarse en los casos en que la alteración llega a tal punto que el sistema no puede continuar con su proceso natural de auto organización (Marco del Agua, 2014); sin embargo considerando casos especiales y sin análisis fisicoquímicos previos se inician las acciones sin conocimiento del estado real del ecosistema. La “restauración” es el proceso ecológico que tiene como finalidad recuperar las condiciones ambientales que prevalecieron en un determinado lugar, y que por alguna causa se vieron afectados negativamente, dañadas o destruidas (Marco del Agua, 2014), esta restauración es referida al programa coordinado de actuaciones a largo, medio y corto plazo que permitirían restablecer el funcionamiento y organización de estos ecosistemas. Para restaurar humedales se encuentra una clasificación en dos grupos, la primera busca modificar las causas físicas de la degradación que incluye cambios en el régimen hídrico, sedimentación, condiciones del sustrato y otros; y la segunda es en la que intervienen sobre componentes bióticos (Lindig-cisneros, 2001). Siendo el régimen hídrico uno de los ítems que sufre mayores daños en cuanto a cantidad y calidad es el primer factor que se busca controlar, manteniendo o restableciendo aportes hídricos naturales, también se extraen escombros y/o desperdicios, se elimina

vegetación exótica establecida, plantación de vegetación autóctona entre otras. La rehabilitación, son aquellos proyectos de restauración que suelen coincidir con poblaciones o comunidades de organismos incluidos en leyes y convenios nacionales e internacionales de conservación (Marco del Agua, 2014).

Para la conservación se contemplan principalmente las condiciones biológicas del sitio, como también el contexto ecológico regional y factores sociales. Mazzotti y Morgenstern propusieron en 1997, un esquema para diseñar e implementar programas de manejo para conservar estos ecosistemas consta de 6 pasos:

1. Definir metas
2. Definir objetivos
3. Desarrollar el plan de manejo
4. Instrumentar el plan de manejo
5. Monitorear
6. Adaptar el plan

La Política Nacional para humedales interiores de Colombia así como la política Distrital de humedales, propone una serie de estrategias o programas macro para la recuperación de estos ecosistemas y según las necesidades de recuperación, manejo o conservación así como el grado de contaminación o alteración en que se encuentre el humedal la aplicación es estas estrategias es pertinente.

La Política Nacional propone un manejo y uso sostenible para favorecer a la conservación y en

lo posible el uso sostenible de los humedales en el territorio colombiano, una conservación y recuperación con el fin de restringir futuras pérdidas ecológicas y finalmente plantea una concientización y sensibilización para promover y fortalecer los conocimientos que permitan plantear acciones encaminadas a la protección de estos valiosos cuerpos hídricos.

La Política Distrital, en una herramienta de planificación que contiene estrategias para incentivar la investigación participativa y aplicada, con intención de buscar y fortalecer el conocimiento científico y técnico mediante investigaciones relacionadas con las dinámicas socioculturales, espaciales y ecológicas entre otras, la segunda estrategia va encaminada a la educación, comunicación y participación con el propósito de consolidar espacios de educación, generar habilidades y construir competencias ciudadanas ambientales, la recuperación, protección y compensación se encamina por la recuperación de los atributos, funciones y dinámicas del ecosistemas asegurando su calidad ambiental, la siguiente estrategia es la de manejo y uso sostenible en la cual se busca la inclusión de lineamientos para el manejo, el seguimiento a la recuperación, así como la implementación de modelos de administración que dependen de la particularidad de cada uno de los humedales y finalmente se encuentra la gestión interinstitucional con el objetivo de que las partes involucradas se coordinen y cooperen para mayores beneficios y la recuperación y conservación de los humedales.

A continuación se enumeran algunas técnicas de restauración utilizadas en humedales de Colombia:

- Abastecimiento hídrico
- Identificación y separación de conexiones erradas

- Revegetalización y control de plantas invasoras
- Construcción, seguimiento y mantenimiento de estructuras hidráulicas
- Reconstrucción de la estructura del paisaje
- Diseño y construcción de cerramiento perimetral en malla eslabonada
- Adquisición predial para la recuperación integral del humedal
- Seguimiento a las acciones de recuperación ecológica
- Capacitaciones educación ambiental a agentes involucrados

5.3 MARCO GEOGRÁFICO

5.3.1 Ubicación

El humedal Tierra Blanca está ubicado al sur occidente del casco urbano entre los barrios Ducales, Santa Ana y Compartir en la Comuna Uno, la cual presenta un alto estado de deterioro debido a que a él llegan las aguas residuales de este sector de municipio sin ningún tipo de tratamiento, así mismo está sufriendo un fuerte proceso de presión urbanística sobre su ronda (Alcaldía de Soacha, 2014). El sector oriental del humedal que se encuentra dentro de la hacienda Buenos Aires y colinda con la ronda del humedal de Neuta es el sector más conservado del humedal y aún se encuentran allí gran cantidad de aves endémicas y migratorias (Alcaldía de Soacha, 2014). La fuente de abastecimiento principal y más importante es el canal Canoas el cual proviene del río Soacha atravesando el municipio de Soacha de sur a norte, hace algunos años de estableció que 4 l/s se almacenarían en el humedal y sería para utilizarla principalmente en tiempo seco en las actividades agrícolas; se incluye otra fuente de abastecimiento como la esorrentía de la micro cuenca de la cual se

obtiene agua aunque no en gran cantidad debido al exceso de construcciones cerca de su ronda hídrica (Salazar, 2006).

Imagen 1 Humedal tierra Blanca



Fuente: Corporación Autónoma Regional CAR, 2013

5.4 MARCO LEGAL

Tabla 2 Marco legal

NORMA	APLICACIÓN
<p align="center">CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA 1991</p>	<p>ART 8. Establece que es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.</p>
	<p>ART 63. Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determine la ley son inalienables, imprescriptibles e inembargables.</p>
	<p>ART 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano y la ley deberá garantizar la participación de la comunidad en las decisiones que puedan llegar a afectarlo.</p> <p>Es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservando las áreas de especial importancia ecológica y fomentando la educación para el logro de estos fines.</p>

	<p>ART 88. “La ley regulará las acciones populares para la protección de los derechos e intereses colectivos, relacionados con el patrimonio, el espacio, la seguridad y la salubridad, la moral administrativa, el ambiente, la libre competencia económica y otros de similar naturaleza que se definen en ella. Así mismo, definirá los casos de responsabilidad civil objetiva por el daño inferido a los derechos e intereses colectivos”.</p>
<p>DECRETO - LEY 2811/1974</p> <p>CÓDIGO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES Y DE PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE</p>	<p>ART 8. Consideración de factores que deterioran el ambiente como la sedimentación en los cursos y depósitos de agua, alteración perjudicial o antiestética de paisajes naturales, acumulación o disposición inadecuada de residuos y la eutrofización entre otras.</p>
	<p>ART 77. Aprovechamiento de las aguas no marítimas en todos sus estados y formas como lagos, ciénagas, lagunas y embalses de formación natural o artificial.</p>
	<p>ART 137. Se considera objeto de protección</p>

	y control especial corrientes de aguas naturales o artificiales, lagos, cascadas y otros depósitos.
LEY 99/1993 SE CREA EL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y SE ORGANIZA EL SINA	ART 5. Regular las condiciones de conservación y manejo de ciénagas, lagunas, lagos, pantanos y demás ecosistemas hídricos continentales.
LEY 165/1994 "CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA"	El estado debe, entre otras obligaciones ser garante de la rehabilitación y restauración de ecosistemas degradados.
	ART 8. Conservación in situ. Rehabilitará y restaurará ecosistemas degradados y promoverá la recuperación de especies amenazadas, entre otras cosas mediante la elaboración y la aplicación de planes u otras estrategias de ordenación.
LEY 357/1997 "CONVENCIÓN RELATIVA A LOS HUMEDALES DE IMPORTANCIA INTERNACIONAL ESPECIALMENTE COMO HÁBITAT DE AVES ACUÁTICAS"	El congreso Nacional aprueba la adhesión de Colombia a la convención relativa a los humedales de importancia internacional Ramsar. La ley aplica en su totalidad al presente proyecto.

<p>POLÍTICA NACIONAL PARA HUMEDALES INTERIORES DE COLOMBIA 2002 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE</p>	<p>Estrategias para la conservación y uso sostenible de los humedales interiores de Colombia.</p> <p>La política aplica en su totalidad al presente proyecto siendo de carácter nacional.</p>
<p>RESOLUCIÓN 157/2004 MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.</p>	<p>ART 6. Determinación de características con el fin de implementar medidas de manejo que garantice su uso sostenible y conservación.</p>
	<p>ART 8. La delimitación de la línea de marea máxima y la del cauce permanente de los humedales, así como dimensiones y acotamiento de los humedales, a que se refiere el decreto 1541 de 1978 en su art 14.</p>
	<p>ART 9. Según las características especiales de los humedales y de sus zonas de ronda, serán usos principales de los mismos las actividades que promuevan su uso sostenible, conservación, rehabilitación o restauración.</p>
<p>RESOLUCIÓN 196/2006 MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO</p>	<p>Por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia. La resolución</p>

TERRITORIAL.	aplica al presente proyecto en su totalidad.
ACUERDO CAR NO 33 / 2006 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL - CAR	<p>Por el cual se declara Reserva Hídrica el Humedal Tierra Blanca, se establece su franja de protección y se adoptan otras determinaciones.</p> <p>El acuerdo aplica al presente proyecto en su totalidad.</p>
ACUERDO CAR NO 33 / 2009 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL - CAR	<p>Por medio del cual se adopta el Plan de Manejo Ambiental de la Reserva Hídrica Humedal Tierra Blanca, localizada en el municipio de Soacha. Considera la Reserva Hídrica Humedal Tierra Blanca como un Área de Recuperación Ambiental.</p> <p>El acuerdo aplica al presente proyecto en su totalidad.</p>
DECRETO 3930/2010	<p>CAP IV. Por medio del cual se destinan los usos del agua superficial, subterránea y marina.</p> <p>CAP V. Se asignan los criterios de calidad para la destinación del recurso.</p>
REAL DECRETO DE ESPAÑA 1310/1990	<p>Por medio del cual se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario</p>

Fuente: Investigador, 2015.

6 APROXIMACIÓN METODOLÓGICA

La investigación a realizar es de tipo cuantitativo -experimental debido a que se midieron características físicas y químicas de los lodos y aguas en el sector noroccidental del humedal Tierra Blanca ubicado en Soacha Cundinamarca; con el fin de identificar y determinar contaminantes y cantidades presentes en el cuerpo hídrico, los datos fueron georreferenciados y mapificados con un Sistema de Información Geográfica SIG para facilitar su consulta, finalmente mediante los análisis realizados se estableció la estrategia más adecuada para el manejo de los lodos y aguas en el sector de estudio.

Para la toma de muestras se buscó situar 5 puntos de referencia para garantizar mayor cobertura y se programaron monitoreos cada mes durante 4 meses, en visita de inspección a campo se verificó la posibilidad de aplicar una de las metodologías para selección de puntos de muestreo, sin embargo las condiciones encontradas hicieron difícil la aplicación de una red de muestreo y se procedió a tomar los siguientes criterios para seleccionar los puntos.

- Acceso seguro
- Acceso físico
- Ubicación alejada de infraestructura de viviendas de invasión.
- Espejo de agua

Finalmente se toman 3 puntos para la toma de muestras, los cuales son los únicos que cumplen con los criterios de selección según la visita de campo realizada, y es importante resaltar que las caracterizaciones físicas y químicas realizadas en laboratorio se hicieron por triplicado para su validación.

En la programación de las muestras no se tuvo en cuenta variables climáticas, la intención inicial fue validar el comportamiento de los contaminantes presentes al transcurrir de los meses, sin embargo en los 4 meses de muestreos se tuvieron condiciones climáticas diferentes que permitieron explicar algunos de los fenómenos y concentraciones encontradas en las caracterizaciones.

Posteriormente se realizó la georreferenciación de los puntos, y mediante la utilización de un sistema de información geográfica SIG se hizo una base de datos la cual permite consultar la información resultando de las caracterizaciones más rápida y eficientemente.

Para efectuar el muestreo y caracterización física y química de las muestras de lodos se debe tener en cuenta características específicas como tipo de vegetación, manejo previo, presencia de cuerpos de agua, rocas entre otras y se utilizó la metodología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, en el cual se especifica el método para realizar los muestreos y la toma, y para la caracterización física y química de las muestras de agua se utilizó la metodología de los Standart methods for the examination water and wastewater.

El muestreo de lodos se inició tomando aproximadamente un área similar para los 3 puntos seleccionados y teniendo en cuenta el tipo de lodo así como la dificultad de estabilidad y espacio, para la toma de las muestras se utilizó un barreno, con el que se tomó directamente del fondo del humedal la muestra de lodo, se procuró tomar una muestra similar y suficiente en cada punto para proceder a las caracterizaciones. En cada punto se hizo repeticiones al momento de tomar las muestras con el fin de obtener una muestra compuesta y homogénea que permitiera una caracterización más completa del estado real del lodo.

Para el empaque y conservación de las muestras se utilizó bolsas plásticas nuevas y selladas, se identificó la muestra en forma concisa y exacta precisando el lugar y uso actual con un rotulo que no estuviera en contacto directo con la muestra.

Para la toma de muestras de agua se evitó la excesiva manipulación para reducir el deterioro o contaminación de la muestra, y se procuró que el tiempo entre la toma de la muestra y los análisis en laboratorio fuera el mínimo posible para asegurar resultados confiables, cuando no fue esto posible se mantuvo las muestras en un lugar fresco, oscuro y preferiblemente refrigerada a 4°C pero el menor tiempo posible; se tuvo en cuenta que hay determinaciones que se deben hacer in situ como por ejemplo pH, conductividad y oxígeno disuelto entre otras y por ende se realizaron en campo. La muestra tomada fue de 1 litro en un envase plástico y se selló adecuadamente para preservarla, se tuvo en cuenta lavar el recipiente dos o tres veces con el agua a recoger en los casos en que esto fue posible y en los que no, el envase iba esterilizado con anterioridad evitando la contaminación de la muestra; es importante indicar que se dejó espacio de aire en el envase permitiendo la expansión térmica y así facilitar la agitación en caso de requerirse.

Posteriormente a la toma de muestras se procedió a efectuar la caracterización que a continuación se menciona:

- Para la caracterización de aguas se tomó como referencia la edición 2012 de los Standart methods for the examination water and westwater; los análisis de laboratorio se llevaron a cabo en los laboratorios de la Universidad Libre sede Bosque Popular y los

parámetros analizados fueron los siguientes: DBO5 con el método respirometrico, DQO con el método colorimétrico, OD con el método Winkler, Nitrogeno total Kjehdahl con el método Kjehdahl, fosforo (P) con el método ultravioleta visible, pH con potenciómetro y metales tales como Plomo (Pb), Mercurio (Mg), Cadmio (Cd) y Zinc (Zn) con espectrofotometría de absorción atómica.

- Para la caracterización de lodos se utilizó la metodología del IGAC y se llevaron a cabo los análisis en los laboratorios de la Universidad Libre sede Bosque Popular, la caracterización realizada se dividió en análisis físicos y químicos de la siguiente manera:
 - ✓ Físicos: Color con la tabla Munsell, densidad real con el método del picnómetro.
 - ✓ Químicos: pH con el método potenciométrico, este análisis se debe realizar en el menor tiempo posible, se toma lodo directamente de la muestra, se pesa aproximadamente 20g, se agrega agua y agita, se deja en reposo de 2 a 24 horas finalmente se agita y toma lectura con un potenciómetro o pH metro el cual nos permite saber el valor de pH, capacidad de intercambio catiónico con el método de acetato de amonio, carbono orgánico con el método de digestión por vía húmeda(Walkley- Black), materia orgánica M.O con el método de calcinación y cuantificación gravimétrica, bases intercambiables N, P, Mg por el método de cuantificación por espectrofotometría de absorción atómica, y finalmente metales pesados tales como Plomo (Pb), Cromo (Cr), Cadmio (Cd) y Zinc (Zn) con el método de absorción atómica (Zagal et al, 2007).

El manejo de la información se efectuó mediante la utilización de análisis de tendencia central que permitieron validar los resultados de las 3 réplicas realizadas por cada uno de los análisis, y para organizar la información final se procedió a utilizar graficas de dispersión que permitieron interpretar el comportamiento de cada característica evaluada y finalmente se plantearon las estrategias en formatos de fichas para una mejor interpretación.

7 RESULTADOS

Con la información suministrada tanto de la investigación bibliográfica como de los análisis y caracterizaciones realizadas en laboratorio se procede a realizar en análisis y comparación de los resultados.

7.1 CAPÍTULO 1

- Georeferenciar y mapificar la zona de estudio con un sistema de información geográfico - SIG.

Para georeferenciar y mapificar se procedió a utilizar la herramienta llamada ArcGIS, con la cual se originó el mapa base del humedal, identificando las características físicas y visibles de alteración del ecosistema como es la invasión de la ronda, seguido se insertó una base de datos para consulta de la CAR y demás involucrados del humedal Tierra Blanca, con la intención de que conocieran las características físicas y químicas del humedal.

Para el desarrollo del mapa se utilizó la cartografía encontrada del sector de interés del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, la cual se presenta en el anexo (1), la siguiente tabla muestra las especificaciones de dicha cartografía:

Tabla 3 Especificaciones cartografía

ESPECIFICACIONES CARTOGRAFÍA	
Año	1989
Escala	1:10.000
Plancha	N° 246- II-A-2

Fuente: IGAC, 1989.

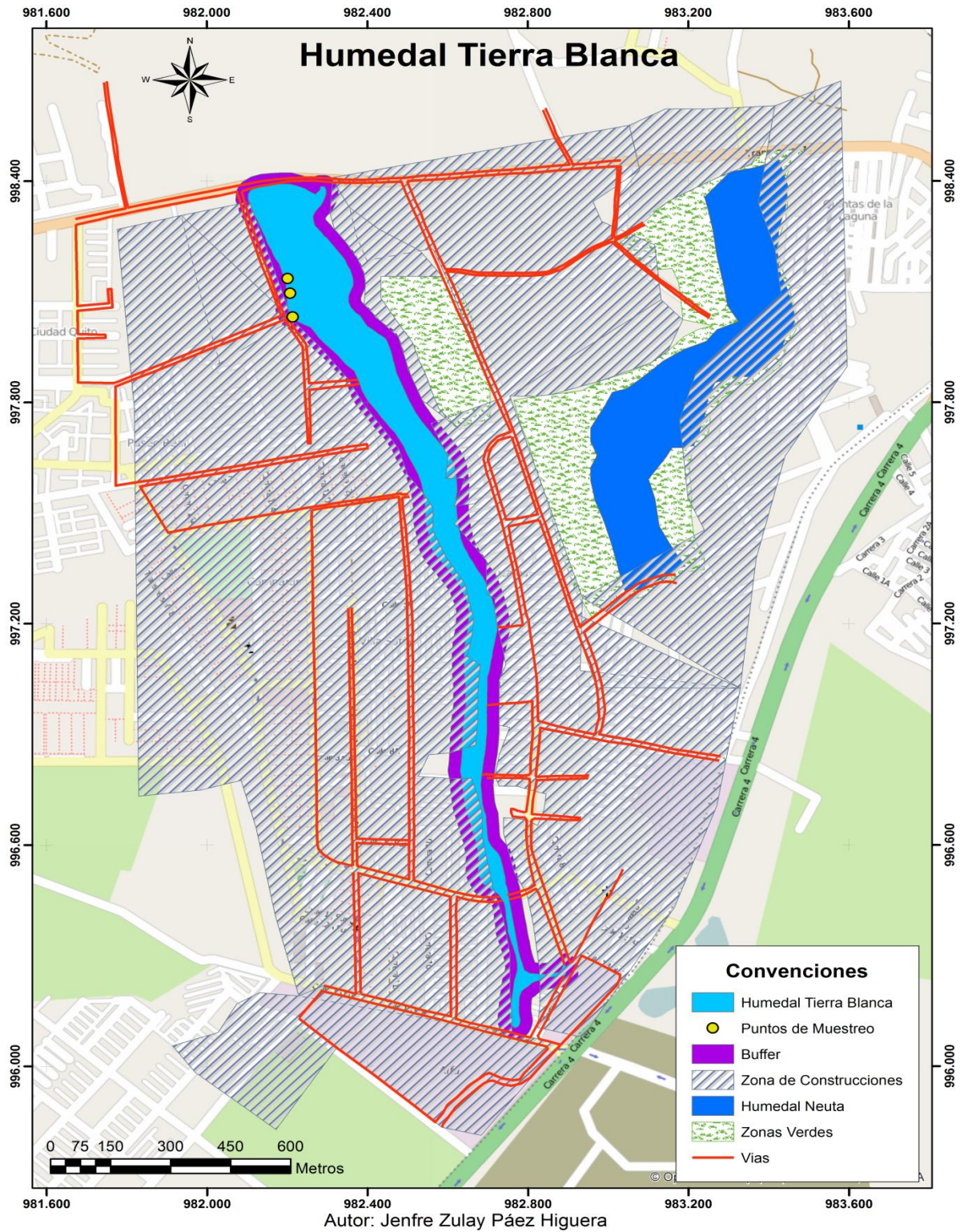
Otra de las herramientas utilizadas fue Google Earth la cual permitió verificación y actualización de la información encontrada en la cartografía y continuando con los instrumentos de apoyo se utilizó un GPS para ubicación de coordenadas de los puntos y poder georreferenciarlos en el mapa.

En el anexo digital (1) se encuentra la georreferenciación y mapificación, la cual da como resultado el mapa del Humedal Tierra Blanca con la base de datos, la consulta de los resultados de la caracterización así como el estado en el que se encuentra el Humedal en la actualidad, se puede observar con más detalle.

El mapa permitió hacer un análisis que concluyó en que la ronda hídrica del humedal, la cual se define como la zona de reserva ecológica no edificable de uso público, que se constituye por una franja a lado y lado del borde del cauce de los ríos, lagunas, embalses, quebradas y canales, hasta de 30 metros de ancho, de conformidad con lo dispuesto en el Decreto Ley 2811 de 1974 (MinAmbiente,2002, p.60), se encuentra influenciada negativamente en casi toda su área por invasiones y construcción de viviendas, afectando las características propias del ecosistema y dificultando el ciclo regular de este.

A continuación se puede observar el mapa resultante.

Imagen 2 Georeferenciación y mapeación Humedal Tierra Blanca



Fuente: Investigador, 2015.

7.2 CAPÍTULO 2

- Caracterizar física y químicamente lodos y aguas para evaluar el grado de contaminación del humedal en el sector noroccidental.

Las caracterizaciones físicas y químicas del agua así como algunos parámetros de lodos se realizaron bajo la guía establecida de los Standart methods for the examination water and westwater, en su edición del año 2012, debido a que en la actualidad no se cuenta con bibliografía o normativa explícita para estos últimos, los demás parámetros de lodos se analizaron tomando como base la metodología del IGAC para análisis de suelos.

Los resultados del análisis fisicoquímico de lodos y aguas, se compararon respectivamente con el Decreto 3930 de 2010, donde se asignan los usos del agua y residuos líquidos y con el Real Decreto 1310 de 1990 por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario de España y bibliografía de interpretación de análisis de suelos, para así identificar cuáles de los parámetros analizados cumplían y cuales no con la normativa aplicable.

El análisis de tendencia central realizado para validar las caracterizaciones hechas en laboratorio se encuentran en el anexo 2 los parámetros de aguas y en el anexo 3 los parámetros de lodos, allí se puede observar que las réplicas realizadas a cada uno de los parámetros seleccionados para estudio, brindan confiabilidad de los resultados.

7.2.1 Agua

La siguiente tabla resume los parámetros permisibles para asignación del uso que se le pretende dar al agua, haciendo una comparación con los resultados encontrados en los análisis realizados en el humedal, se llegó a la conclusión que el uso que mayor afectación presenta es el de conservación de flora y fauna, por tal razón sobre estos parámetros es sobre los cuales se plantearan las estrategias.

Tabla 4 Decreto 3930 de 2010, donde se asignan los usos del agua y residuos líquidos

USO	PARÁMETRO	VALOR	CUMPLE	
			SI	NO
AGRÍCOLA	pH	4,5 – 9	X	
	Plomo	5,0 Mg/L	X	
	Cadmio	0,01 Mg/L	X	
	Zinc	2,0 Mg/L	X	
PECUARIO	Plomo	0,1 Mg/L	X	
	Cadmio	0,05 Mg/L	X	
	Zinc	25,0 Mg/L	X	
CONSERVACIÓN FLORA Y FAUNA AGUA FRÍA DULCE	pH	6,5 – 9,0	X	
	OD	5% [] SATURACIÓN		X
	Plomo	0,01 CL		X
	Cadmio	0,01 CL	X	
	Zinc	0,01 CL		X

Fuente: Decreto 3930 de 2010.

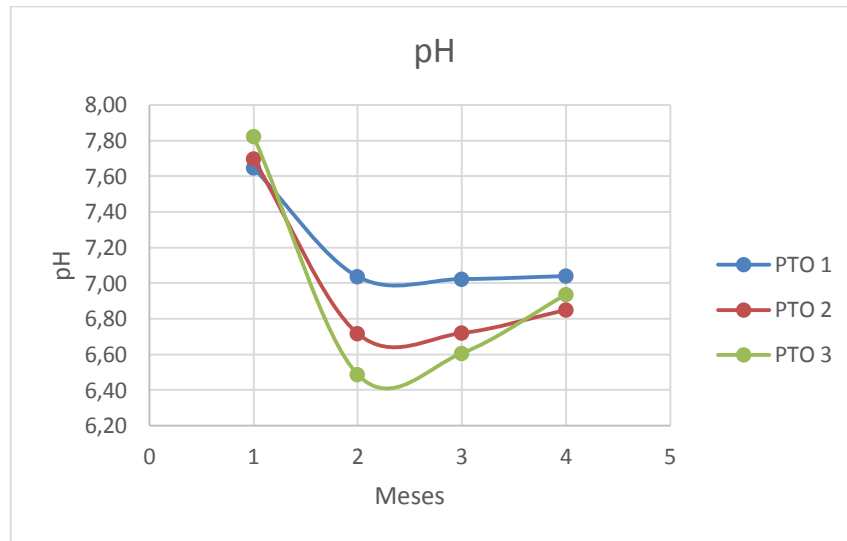
A continuación se presentan los resultados obtenidos de los análisis realizados:

7.2.1.1 pH

El pH óptimo del agua debe encontrarse entre 6.5 y 9 unidades, según los resultados obtenidos en los muestreos, información suministrada por la gráfica que se presenta a continuación, se encontró que durante los 4 meses de estudios este parámetro estuvo dentro del rango establecido, solo se encontró un valor de 6,49 en el punto tres del segundo mes, sin embargo es un valor muy cercano al nivel mínimo aceptable, considerándose como aceptable.

Los valores encontrados indican que el humedal presenta algunas características acidas aceptables, pero al ver todo el contexto se generaliza como un agua básica, siendo apta para la supervivencia de especies acuáticas así como especies vegetales. Es importante señalar que debido a que el primer mes fue lluvioso la temperatura del agua disminuyó haciendo que el pH aumentara ya que estos dos parámetros son inversamente proporcionales.

Gráfica 1 pH



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 5 pH

pH				
	1	2	3	4
Muestra	pH	pH	pH	pH
PTO 1	7,65	7,04	7,02	7,04
PTO 2	7,70	6,72	6,72	6,85
PTO 3	7,82	6,49	6,61	6,94

Fuente: Investigador, 2015.

7.2.1.2 OD

Teniendo en cuenta las características que debe presentar una agua favorable para la conservación de flora y fauna, el oxígeno disuelto debe estar en un 5% de concentración de saturación y por los resultados encontrados se puede afirmar que este parámetro está totalmente por debajo de dichas características debido a que el humedal presenta 0 OD; cabe resaltar que este

parámetro es muy importante para la calidad del agua y para la supervivencia del medio biótico del humedal, en las visitas de campo realizadas se observó que este ecosistema no cuenta con fauna característica como las aves y debido a los resultados obtenidos se puede decir que únicamente cuenta con especies anaerobias. La alta DBO5, así como el exceso de vegetación con el que cuenta el humedal, la cual capta el poco oxígeno y al estar en exceso no permite la reaeración del agua se consideran las principales causas para los valores encontrados de Oxígeno disuelto, se considera fundamental trabajar en la recuperación de oxígeno disuelto y tomar las medidas para contribuir a la recuperación de las especies.

Tabla 6 Oxígeno disuelto

OXIGENO DISUELTO AGUA				
	1	2	3	4
Muestra	OD	OD	OD	OD
PTO 1	0	0	0	0
PTO 2	0	0	0	0
PTO 3	0	0	0	0

Fuente: Investigador, 2015

7.2.1.3 DBO5

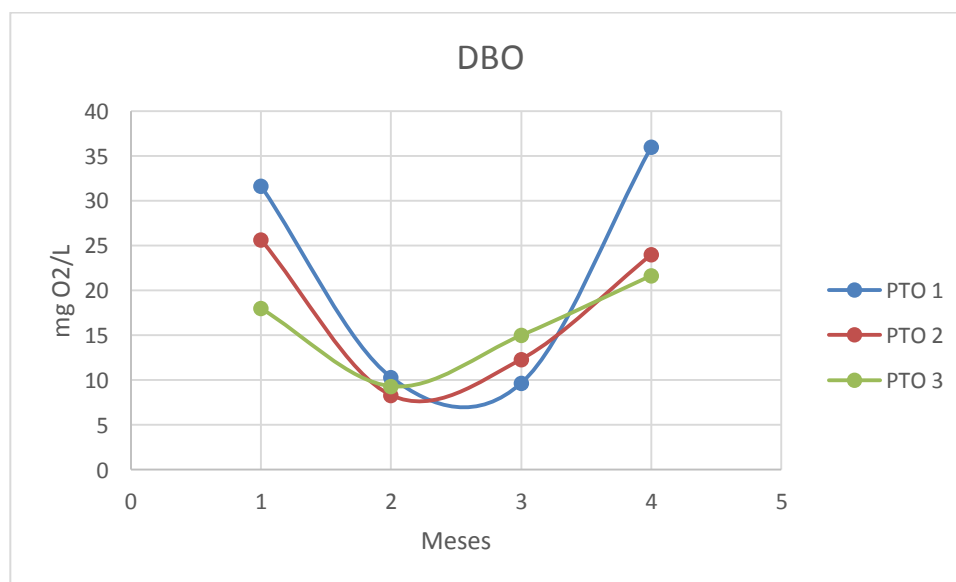
La DBO5 es un parámetro esencial en el control de la calidad del agua, por que mide el contenido de materia orgánica biodegradable en la muestra analizada, al considerarse un parámetro que depende de la actividad metabólica de los microorganismos presentes, los valores obtenidos permiten que se cuestione la fiabilidad de este análisis.

El presente parámetro no está contemplado por el decreto 3930 de 2010 para seleccionar su uso, sin embargo es un indicador de calidad importante dado que utiliza oxígeno disuelto para la estabilidad

de la materia orgánica y su elevada concentración es una de las causas de la ausencia de oxígeno disuelto en el humedal. Es importante señalar que el control de DBO5 se debe realizar al momento de la descarga o en el vertimiento.

Según los parámetros de CONAGUA así como los establecidos en el RAS 2000, se puede concluir que según los análisis realizados se encontró que la DBO5 posee valores por encima de 8 mg O₂/L indicando un agua contaminada o con procedencia de fuentes muy deficientes y la presencia de aguas residuales que puede llegar a afectar el equilibrio del ecosistema indica la explicación de estos valores.

Gráfica 2 DBO



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 7 DBO

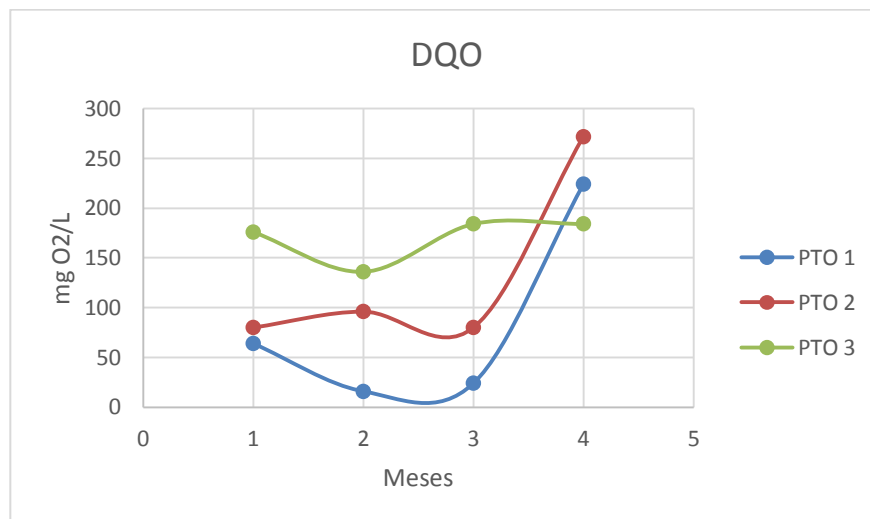
DBO				
	1	2	3	4
Muestra	mg O2/L	mg O2/L	mg O2/L	mg O2/L
PTO 1	32	10	10	36
PTO 2	26	8	12	24
PTO 3	18	9	15	22

Fuente: Investigador, 2015.

7.2.1.1 DQO

Permitió determinar la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica de las muestras de agua analizadas, arrojando valores notablemente superiores a los encontrados en el análisis de DBO₅, siendo esto razonable debido a que al hacer la relación de DBO₅ con DQO, el segundo es el requerimiento de oxígeno total (contenido de materia orgánica + contenido de materia inorgánica). El presente parámetro, se considera indispensable para el control de los vertimientos industriales y domésticos permisibles, en conclusión las elevadas cantidades de DQO encontradas en el agua del humedal es una de las razones de los bajos niveles de oxígeno disuelto.

Gráfica 3 DQO



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 8 DQO

DQO				
	1	2	3	4
Muestra	mg O2/L	mg O2/L	mg O2/L	mg O2/L
PTO 1	64	16	24	224
PTO 2	80	96	80	272
PTO 3	176	136	184	184

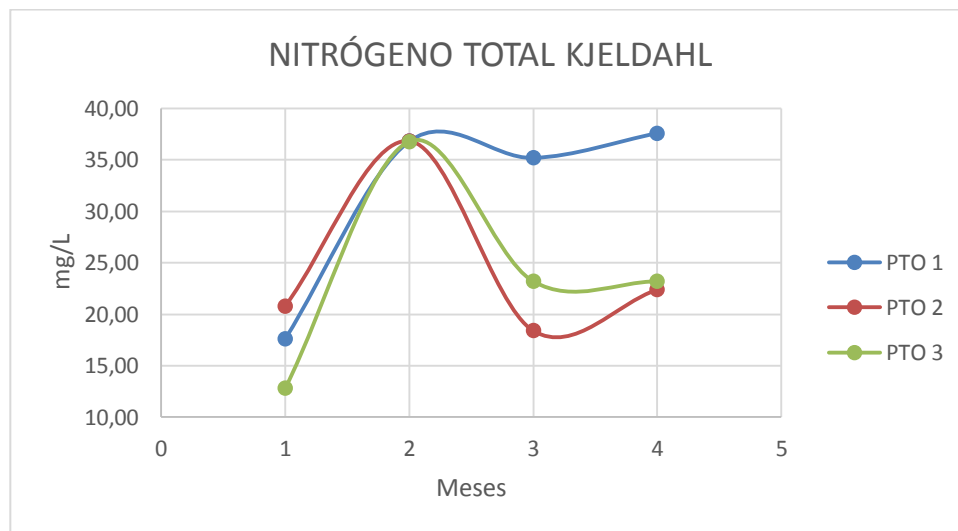
Fuente: Investigador, 2015.

7.2.1.2 *Nitrógeno total Kjeldahl y Fósforo*

El análisis de estos parámetros es importante debido a que son nutrientes esenciales, pero su presencia en exceso puede causar eutrofización. En las visitas de campo realizadas se comprobó que efectivamente hay exceso tanto de nitrógeno como de fósforo, por la eutrofización que se

evidencia en las imágenes del Anexo 4 y se deduce que es generado por la presencia de detergentes domésticos. Requiriendo de una estrategia efectiva para disminuir estas concentraciones presentes. La presencia de fósforo en el agua es un indicio del vertimiento de aguas residuales en los ecosistemas, presencia de detergentes así como también de pesticidas organofosforados indicando contaminación.

Gráfica 4 Nitrógeno total Kjeldahl



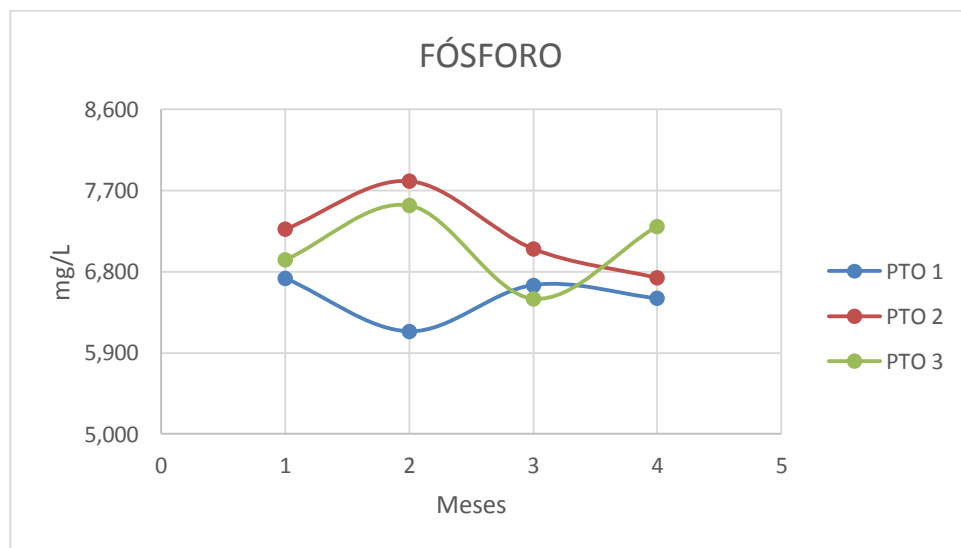
Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 9 Nitrógeno total Kjeldahl

NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL				
	1	2	3	4
Muestra	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
PTO 1	17,60	36,80	35,20	37,60
PTO 2	20,80	36,84	18,40	22,40
PTO 3	12,80	36,79	23,20	23,20

Fuente: Investigador, 2015.

Gráfica 5 Fósforo



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 10 Fósforo

FOSFORO				
	1	2	3	4
Muestra	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
PTO 1	6,728	6,139	6,652	6,504
PTO 2	7,270	7,803	7,053	6,731
PTO 3	6,930	7,534	6,500	7,305

Fuente: Investigador, 2015.

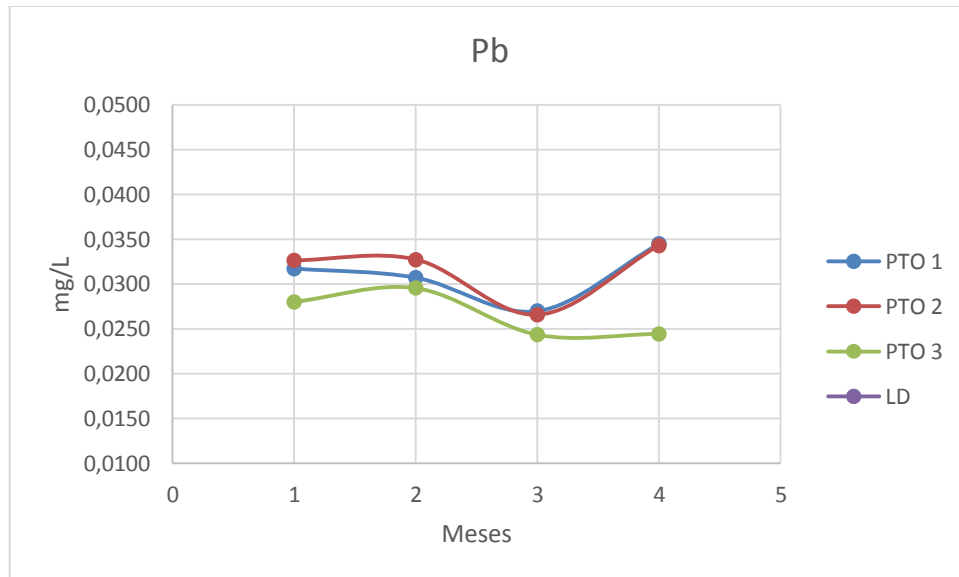
7.2.1.4 Metales no esenciales (Pb, Mg, Cd, Zn)

La presencia abundante de metales pesados en el agua del humedal Tierra Blanca interfiere en la calidad de este, alterando y generando contaminación que repercute en la biota presente del ecosistema.

7.2.1.4.1 Plomo (Pb)

El plomo es considerado como un elemento tóxico y su presencia en las aguas del humedal generan contaminación, el parámetro permisible es de 0.01 Mg/L y a continuación se puede observar que el humedal supera esas concentraciones. Se infiere que la posible causa de esa contaminación es generada por industrias de pinturas, tornillos y tubos que se encuentra en las inmediaciones del humedal, sin embargo es información que no se puede afirmar debido a que no se realizaron análisis de vertimientos de las anteriormente mencionadas industrias.

Gráfica 6 Plomo



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 11 Plomo

Pb				
	1	2	3	4
Muestra	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
PTO 1	0,0318	0,0307	0,0270	0,035
PTO 2	0,0327	0,0328	0,0266	0,034
PTO 3	0,0280	0,0296	0,0244	0,0245

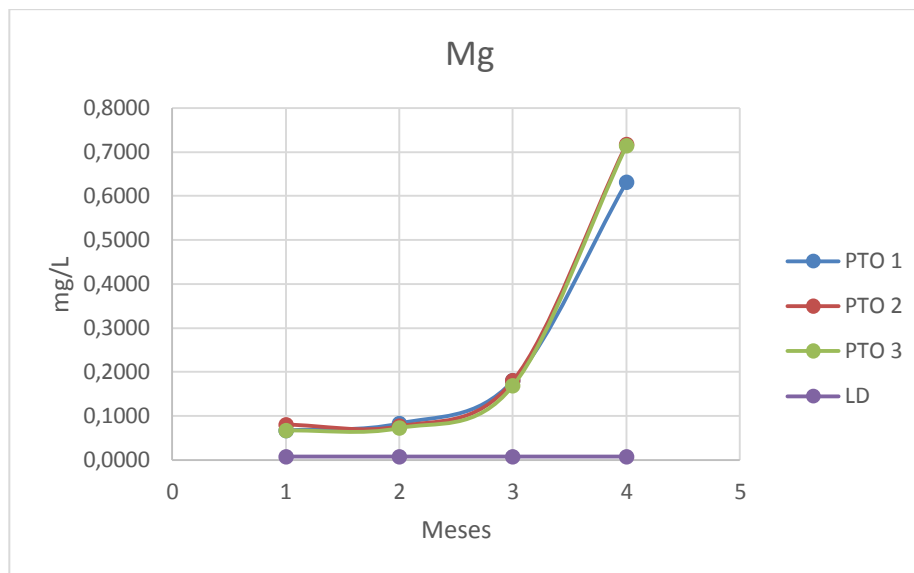
Fuente: Investigador, 2015.

7.2.1.4.2 Magnesio (Mg)

El magnesio es un elemento metálico considerado como un contaminante del agua cuando su presencia es abundante sin embargo según los análisis realizados en las muestras se concluye que al

tener cantidades de magnesio elevadas posiblemente el agua será dura.

Gráfica 7 Magnesio



Fuente: Investigador, 2015.

TABLA 12 Magnesio

Mg				
	1	2	3	4
Muestra	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
PTO 1	0,0670	0,0830	0,1795	0,6310
PTO 2	0,0805	0,0765	0,1796	0,7177
PTO 3	0,0670	0,0725	0,1684	0,7140

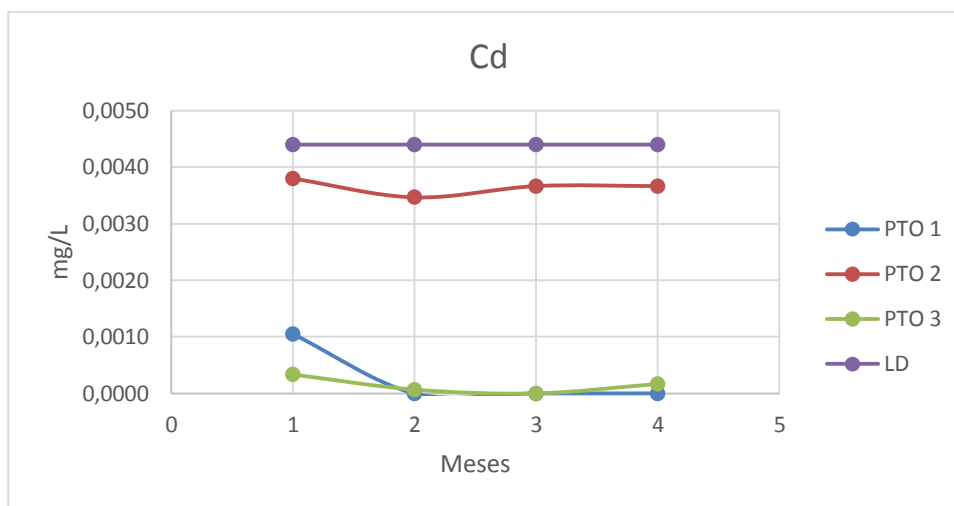
Fuente: Investigador, 2015.

7.2.1.4.3 Cadmio (Cd)

El cadmio es un elemento considerado como toxico, sin embargo en el Humedal se encuentra en

concentraciones inferiores a 0,01 Mg/L que es el parámetro aceptado para la conservación de la flora y fauna.

Gráfica 8 Cadmio



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 12 Cadmio

Cd				
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Muestra	Cd	Cd	Cd	Cd
PTO 1	0,0011	0,0000	0,0000	0,0000
PTO 2	0,0038	0,0035	0,0037	0,0037
PTO 3	0,0003	0,0001	0,0000	0,0002

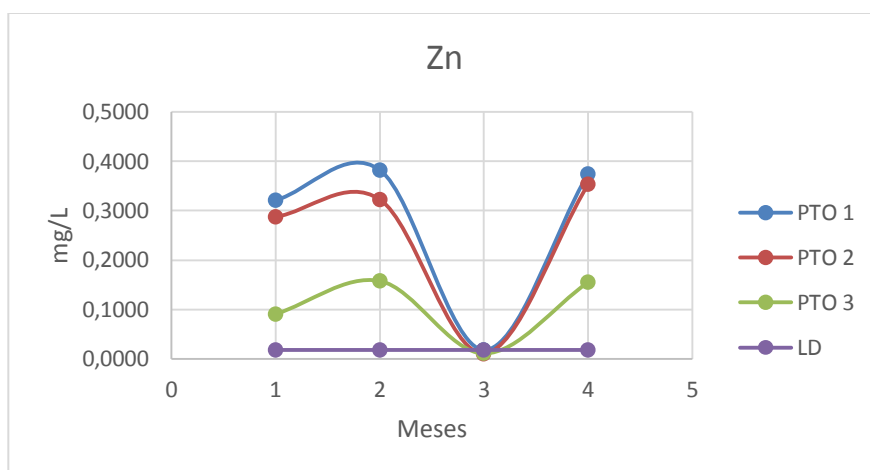
Fuente: Investigador, 2015.

7.2.1.4.4 Zinc (Zn)

El Zinc es un elemento metálico que se encuentra de forma regular en las aguas, no es considerado

riesgoso para el agua, no obstante en concentraciones elevadas puede llegar a ser perjudicial y considerado toxico para la fauna del Humedal. Los análisis arrojaron que la concentración permisible para Zinc de 0,01 mg/L es superada significativamente, requiriendo de una estrategia para su manejo.

Gráfica 9 Zinc



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 13 Zinc

Zn				
	1	2	3	4
Muestra	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
PTO 1	0,3210	0,3823	0,018	0,3750
PTO 2	0,2873	0,3227	0,011	0,3533
PTO 3	0,0907	0,1577	0,011	0,1550

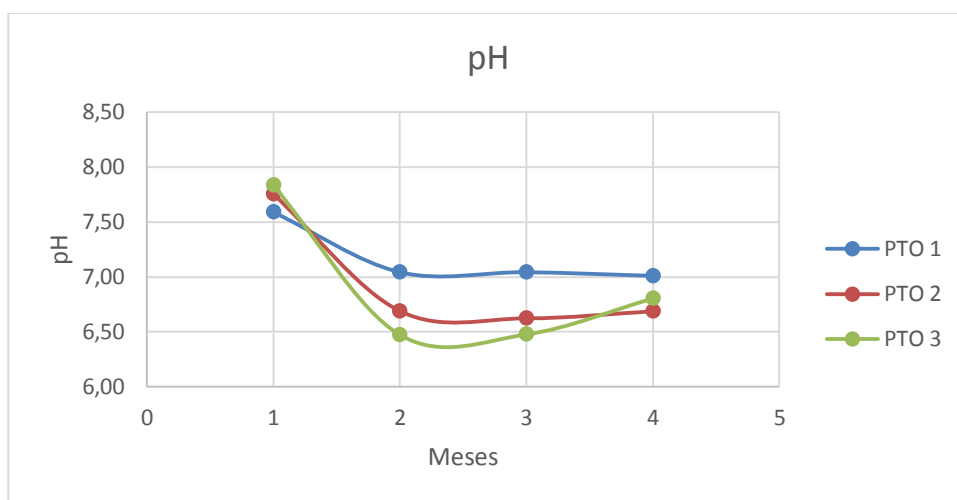
Fuente: Investigador, 2015.

7.2.2 Lodo

7.2.2.1 pH

Los análisis realizados al lodo del humedal arrojaron valores entre 6,5 y 7,9 pH aproximadamente considerándose como aceptables debido a que son ligeramente ácidos y ligeramente alcalinos, esta característica presenta favorecimiento para el desarrollo de plantas debido a que los nutrientes están fácilmente disponibles y en un adecuado equilibrio.

Gráfica 10 pH



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 14 pH

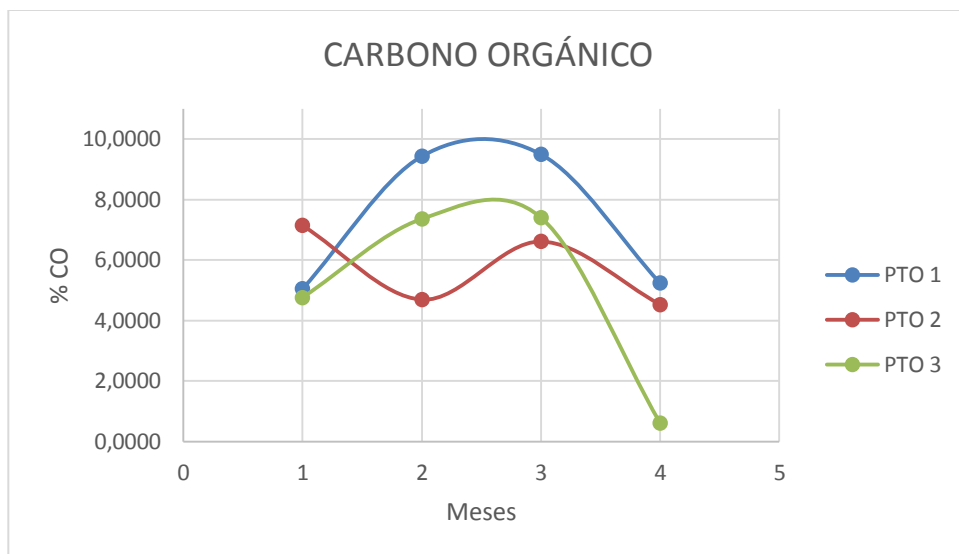
pH				
1		2	3	4
Muestra	pH	pH	pH	pH
PTO 1	7,59	7,04	7,04	7,01
PTO 2	7,75	6,69	6,62	6,69
PTO 3	7,83	6,47	6,48	6,80

Fuente: Investigador, 2015.

7.2.2.2 *Carbono orgánico*

El carbono orgánico tiene una estrecha relación con la sustentabilidad de sistemas agrícolas, se vincula con la disponibilidad y cantidad de nutrientes en el suelo aumentado la solubilidad de varios nutrientes; la imagen a continuación permite observar el comportamiento del carbono orgánico en el humedal; es importante resaltar que la disminución en el último mes se puede explicar, debido a que en este mes se hicieron trabajos de quemas y en algunos sectores se empezaron a retirar lodos en el humedal posiblemente afectando y removiendo el C.O, es importante destacar que la muerte de la excesiva vegetación aumenta considerablemente los niveles de CO.

Gráfica 11 Carbono orgánico



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 15 Carbono orgánico

CARBONO ORGÁNICO				
	1	2	3	4
Muestra	% C.O	% C.O	% C.O	% C.O
PTO 1	5,0482	9,4305	9,4971	5,2385
PTO 2	7,1416	4,6941	6,6138	4,5351
PTO 3	4,7668	7,3605	7,4051	0,6132

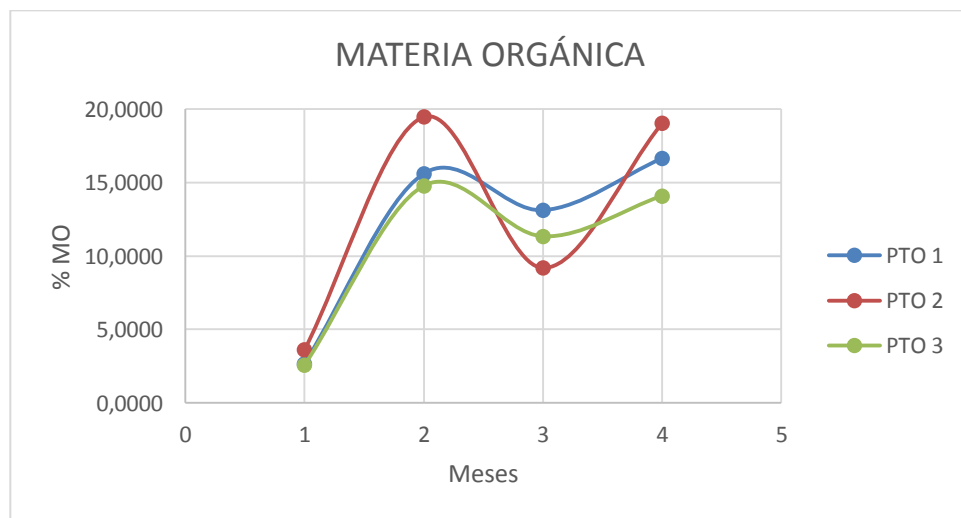
Fuente: Investigador, 2015.

7.2.2.3 Materia orgánica

La materia orgánica (MO) es una característica rutinaria para la determinación de restos orgánicos, dando lugar al aumento o no de nutrientes en el lodo, los porcentajes de MO encontrados en el mes

1 a diferencia de los siguientes meses es de 2%, teniendo explicación debido a que al ser este un mes lluvioso la MO posiblemente fue desplazada disminuyendo su presencia, mientras que los siguientes meses presentaron un aumento considerable, por las características que presenta el lodo en cuanto a niveles de MO se considera apto para agricultura sin embargo se cuenta con la restricción por la presencia de metales pesados, por las razones anteriormente dadas se concluye que un posible uso para el lodo puede ser para recuperación de suelos agrícolas.

Gráfica 12 Materia orgánica



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 16 Materia orgánica

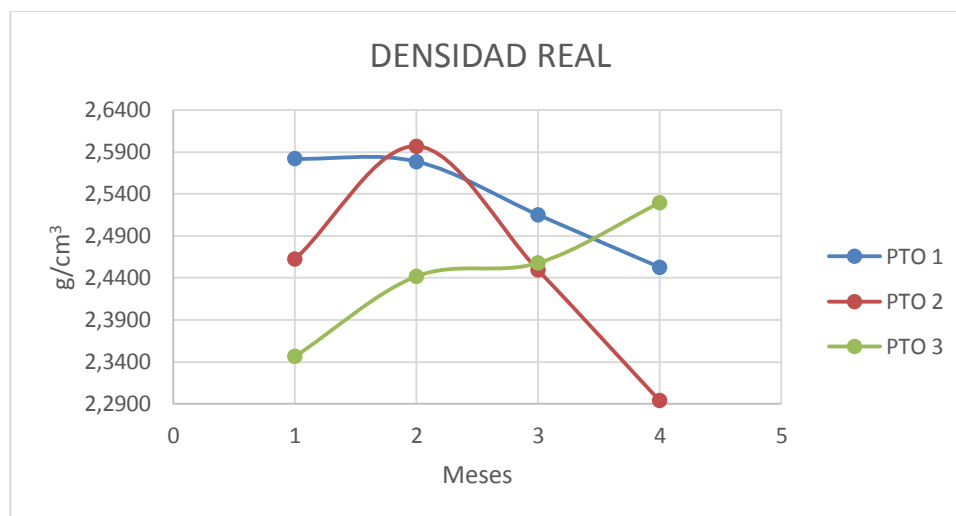
MATERIA ORGÁNICA				
	1	2	3	4
Muestra	% M.O	% M.O	% M.O	% M.O
PTO 1	2,6800	15,6061	13,1183	16,6503
PTO 2	3,6184	19,4602	9,1892	19,0270
PTO 3	2,5770	14,7805	11,3421	14,0966

Fuente: Investigador, 2015.

7.2.2.4 Densidad real

La densidad real es la densidad media de las partículas sólidas y dependiendo de los elementos que constituya el suelo determina la densidad real; las caracterizaciones realizadas a las muestras evidencian valores por debajo de $2,65 \text{ gr/cm}^3$ que el contenido de materia orgánica es elevado.

Gráfica 13 Densidad real



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 17 Densidad real

DENSIDAD REAL				
	1	2	3	4
Muestra	g/cm³	g/cm³	g/cm³	g/cm³
PTO 1	2,5819	2,5786	2,5151	2,4527
PTO 2	2,4622	2,5969	2,4493	2,2936
PTO 3	2,3464	2,4419	2,4578	2,5296

Fuente: Investigador, 2015

7.2.2.5 *Color*

Este parámetro es una característica morfológica muy importante y es la más fácil para determinar e identificar atributos que presente el suelo, debido que no se cuenta con legislación ni parámetros para todos se trabajó como si fuera un suelo arrojando los siguientes resultados:

El punto uno se caracterizó por presentar un color gris, el cual es indicativo de un ambiente anaerobio, el presente fenómeno ocurre cuando hay exceso de saturación de agua y agotamiento de oxígeno.

El punto 2 presentó coloraciones grises similares a las que presentó el punto uno, sin embargo este en el último mes presentó un color negro indicando aumento de la materia orgánica y comparando con la información suministrada por la Gráfica 12 de materia orgánica esto se puede evidenciar más fácilmente.

Generalizando la información del punto 3 se observó que sus características son muy similares a

las encontradas en el punto 1 y 2, con la única diferencia que el segundo punto de muestreo se caracterizó por tener un aumento en su materia orgánica haciendo que se tornara de un color negro, esta característica tiene validez al compararla de igual manera con la Gráfica 12 de materia orgánica.

Tabla 18 Color del lodo húmedo

COLOR LODO HÚMEDO								
PTO	NOVIEMBRE		FEBRERO		MARZO		ABRIL	
1	2,5 Y 3/1	Very dark gray	2,5 Y 3/1	Very dark gray	2,5 Y 3/1	Very dark gray	2,5 Y 3/2	Very dark grayish brown
2	5 Y 3/2	Dark olive gray	5Y 3/2	Dark olive gray	2,5 Y 3/2	Very dark grayish brown	GLE Y 1 2,5/N	Black
3	10 YR 3/1	Very dark gray	2,5 Y 2,5/1	Black	10 YR 3/1	Very dark gray	10 YR 3/1	Very dark gray

Fuente: Investigador, 2015

Para la caracterización realizada al lodo seco se obtuvieron los siguientes resultados:

El punto 1, 2 y 3 evidencian color gris con características que indican contenidos bajos o de insuficiencia de oxígeno disuelto, se considera un ambiente anaerobio.

Tabla 19 Color del lodo seco

COLOR LODO SECO								
PTO	NOVIEMBRE		FEBRERO		MARZO		ABRIL	
1	10 YR 6/1	Gray	10 YR 6/1	Gray	10 YR 5/3	Brown	10 YR 5/1	Gray
2	10 YR 6/2	Light brownish gray	10 YR 6/2	Light brownish gray	10 YR 6/2	Light brownish gray	10 YR 4/2	Dark grayish brown
3	10 YR 6/2	Light brownish gray	10 YR 6/1	Gray	10 YR 6/1	Gray	10 YR 6/2	Light brownish gray

Fuente: Investigador, 2015.

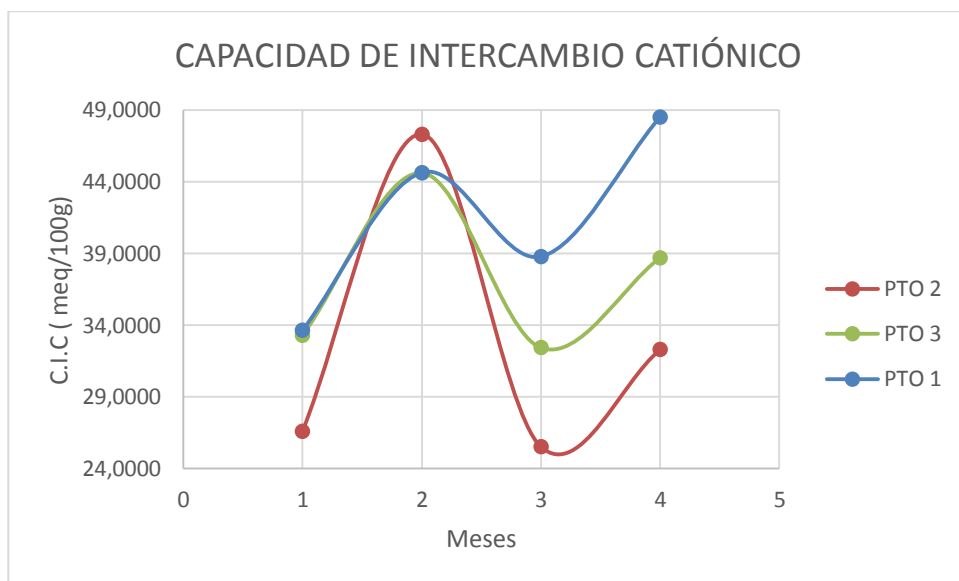
Es importante resaltar que la intención de tomar el color de las muestras en condición seca (al aire) y húmeda se hace por que al contener humedad el color puede variar, finalmente se establece que una condición optima es cuando no se sufren cambios gama de color al cambiar la condición humedad ya que puede indicar alteraciones químicas en el proceso.

7.2.2.6 Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico encontrada en el lodo es considerada como una característica de suelo con elevada fertilidad en la mayoría de los meses, sin embargo al analizar más detenidamente la gráfica se observa que en los meses 1 y 3 la capacidad de intercambio catiónico disminuyo y esto se debe a que es directamente proporcional a la cantidad de materia

orgánica disponible en el lodo. Gráfica 12

Gráfica 14 Capacidad de intercambio catiónico



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 20 Capacidad de intercambio catiónico

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO				
	1	2	3	4
Muestra	C.I.C(meq/100g)	C.I.C (meq/100g)	C.I.C(meq/100g)	C.I.C(meq/100g)
PTO 1	33,6487	44,6424	38,7926	48,5269
PTO 2	26,6296	47,3245	25,5347	32,2998
PTO 3	33,3000	44,6199	32,4340	38,7142

Fuente: Investigador, 2015.

7.2.2.7 Metales no esenciales (Pb, Cd, Mg, Zn)

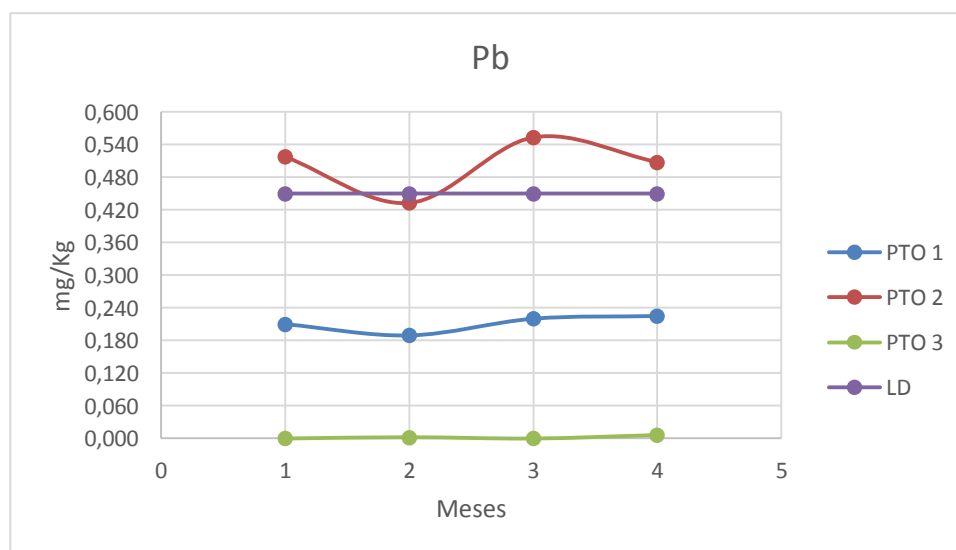
Debido a que en Colombia no se cuenta con normatividad ni bibliografía para conocer los

parámetros permisibles de metales, los valores encontrados en la caracterización los lodos se compararon con el Real Decreto de España 1310/1990 por el cual se regula la utilización de lodos de depuración en el sector agrario, tomando como referencia pH superiores a 7.

7.2.2.1.1 Plomo (Pb)

Este metal se encuentra en concentraciones bajas a comparación de la permisible por el Real Decreto que considera como máxima concentración 300,0 mg/Kg y teniendo en cuenta esto el plomo no sería un metal con características contaminantes en esta concentración.

Gráfica 15 Plomo



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 21 Plomo

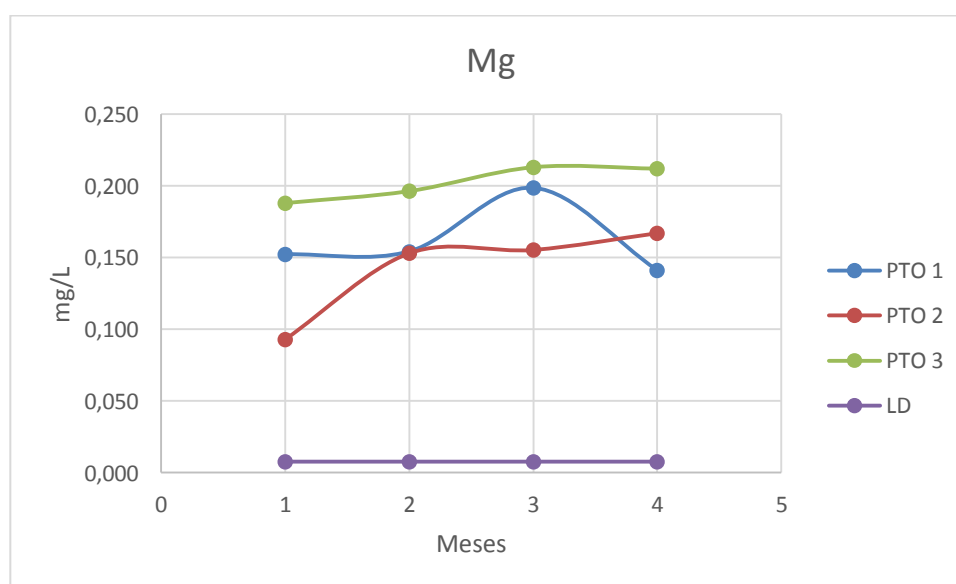
Pb				
	1	2	3	4
Muestra	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
PTO 1	0,210	0,189	0,220	0,225
PTO 2	0,517	0,433	0,553	0,508
PTO 3	0,000	0,002	0,000	0,006

Fuente: Investigador, 2015.

7.2.2.1.2 Magnesio (Mg)

El magnesio es un metal cuya presencia no significa toxicidad ni contaminación, no obstante en concentraciones muy elevadas genera desequilibrio como cualquier otro; la gráfica permite identificar que los tres puntos de muestro presentan concentraciones muy cercanas entre sí.

Gráfica 16 Magnesio



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 22 Magnesio

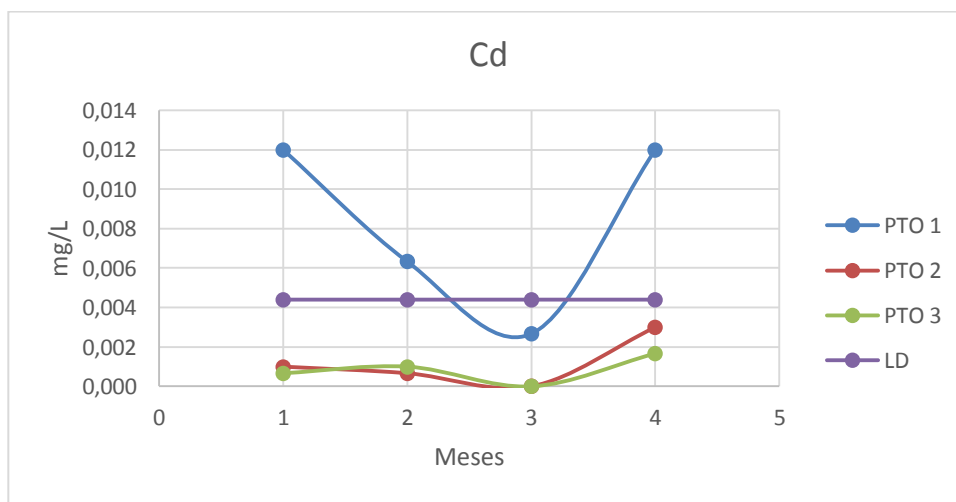
Mg				
	1	2	3	4
Muestra	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
PTO 1	0,152	0,154	0,199	0,141
PTO 2	0,093	0,153	0,155	0,167
PTO 3	0,188	0,196	0,213	0,212

Fuente: Investigador, 2015.

7.2.2.1.3 Cadmio (Cd)

La concentración permisible para el cadmio se encuentra en 3,0 mg/Kg y realizando la comparación con la información obtenida de los análisis se afirma que las concentraciones de Cadmio presentes el lodo del humedal Tierra Blanca no son perjudiciales para el desarrollo del ecosistema, debido a que presentan valores muy por debajo del límite permisible.

Gráfica 17 Cadmio



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 23 Cadmio

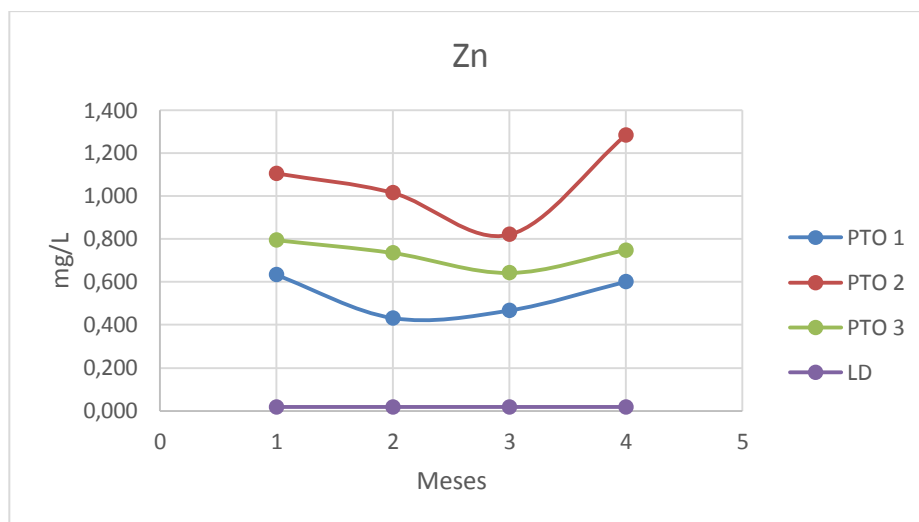
Cd				
	1	2	3	4
Muestra	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
PTO 1	0,012	0,006	0,003	0,012
PTO 2	0,001	0,001	0,000	0,003
PTO 3	0,001	0,001	0,000	0,002

Fuente: Investigador, 2015.

7.2.2.1.4 Zinc (Zn)

La presencia de concentraciones bajas de zinc indica la necesidad de este macronutriente; y relacionando la concentración permitida por el Real Decreto y la resultante de los análisis realizados para comprobar presencia de Zinc, no se encontró características de contaminación debido a los valores tan pequeños que este presenta con relación a el valor base que es de 450, 0 mg/Kg.

Gráfica 18 Zinc



Fuente: Investigador, 2015

Tabla 24 Zinc

Zn				
	1	2	3	4
Muestra	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
PTO 1	0,633	0,432	0,467	0,601
PTO 2	1,106	1,015	0,820	1,284
PTO 3	0,795	0,735	0,642	0,749

Fuente: Investigador, 2015.

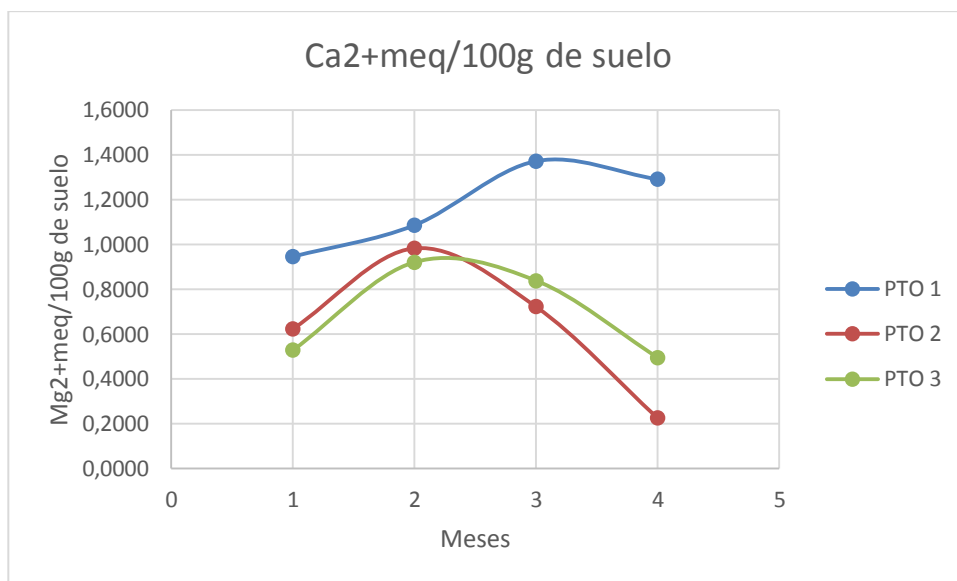
7.2.2.1.5 Bases intercambiables

Las bases intercambiables comprenden los cationes de sodio, potasio, magnesio y calcio, su disponibilidad depende del material de origen; para la investigación se analizó Calcio, Sodio y Magnesio y en el caso de potasio debido a que no se contó con la lámpara para su respectivo análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica, no se pudo realizar, sin embargo la falta del análisis de esta base, no interfiere para la interpretación de este parámetro, debido a que el análisis se complementa con el de capacidad de intercambio catiónico, el cual controla la disponibilidad de nutrientes anteriormente mencionados para las plantas indicando la fertilidad que posee el lodo. En el análisis de bases intercambiables es importante resaltar que la alta disponibilidad de uno de los elementos Ca, Mg, Na y K puede afectar negativamente alguno de los otros.

Las gráficas a continuación permiten comparar los resultados obtenidos con los valores que brinda la bibliografía; para el caso del calcio intercambiable al encontrarse por debajo de 2 meq/100g de suelo se considera que su disponibilidad es baja. Teniendo en cuenta esta

característica se puede evidenciar una baja fertilidad del suelo, en este caso más precisamente del lodo.

Gráfica 19 Calciointercambiable



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 25 Calcio intercambiable

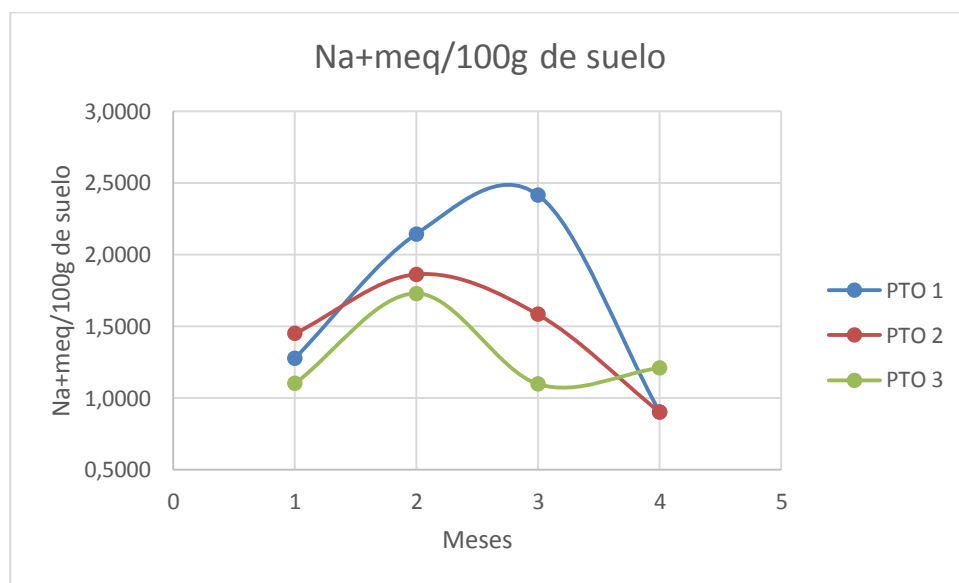
CALCIO INTERCAMBIABLE				
	1	2	3	4
	Ca2+meq/100g	Ca2+meq/100g	Ca2+meq/100g	Ca2+meq/100g
Muestra	de suelo	de suelo	de suelo	de suelo
PTO 1	0,9464	1,0864	1,3722	1,2917
PTO 2	0,6237	0,9834	0,7226	0,2260
PTO 3	0,5286	0,9215	0,8392	0,4964

Fuente: Investigador, 2015.

La información suministrada por los resultados de laboratorio permite concluir que debido a que los valores de sodio se encuentran por encima de 0,51 meq/100g de suelo, esta base se encuentra en

una alta disponibilidad para el suelo, indicando que estos elevados contenidos pueden llegar a generar problema en cultivos si la destinación fuera la anteriormente mencionada, porque inhibe la disponibilidad de calcio y magnesio.

Gráfica 20 Sodio intercambiable



Fuente: Investigador, 2015.

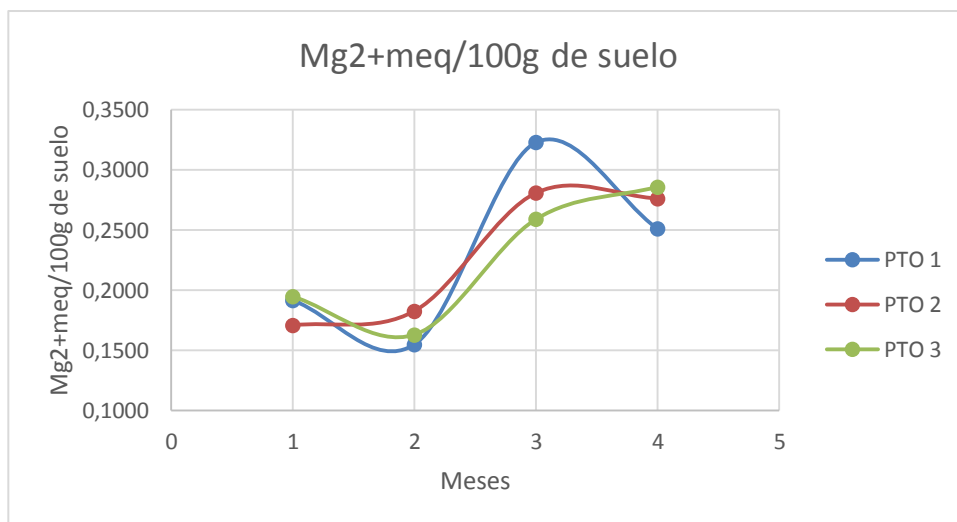
Tabla 26 Sodio intercambiable

SODIO INTERCAMBIABLE				
	1	2	3	4
Muestra	Na+meq/100g de suelo	Na+meq/100g de suelo	Na+meq/100g de suelo	Na+meq/100g de suelo
PTO 1	1,2782	2,1456	2,4159	0,9040
PTO 2	1,4508	1,8637	1,5840	0,9025
PTO 3	1,1026	1,7305	1,0989	1,2112

Fuente: Investigador, 2015.

El catión de magnesio en el humedal se encuentra en una rango de 0 a 0,50 meq/100g de suelo catalogado con una disponibilidad de muy bajo a bajo; se considera que al encontrarse en estas proporciones el lodo tiene una baja fertilidad, sin embargo este lodo no se va asignar a usos agrícolas debido a que la función de estos ecosistemas de humedales no se considera para estos usos.

Gráfica 21 Magnesio intercambiable



Fuente: Investigador, 2015.

Tabla 27 Magnesio intercambiable

MAGNESIO INTERCAMBIABLE				
	1	2	3	4
	Mg2+meq/100g	Mg2+meq/100g	Mg2+meq/100g	Mg2+meq/100g
Muestra	de suelo	de suelo	de suelo	de suelo
PTO 1	0,1915	0,1549	0,3228	0,2509
PTO 2	0,1707	0,1826	0,2808	0,2762
PTO 3	0,1947	0,1629	0,2590	0,2859

Fuente: Investigador, 2015.

7.3 CAPÍTULO 3

- Estrategias de manejo para lodos y aguas Humedal Tierra Blanca

A continuación se plantean las estrategias para contrarrestar los efectos que puedan traer los parámetros que no se están cumpliendo, el diseño de las estrategias se realizó mediante fichas para facilitar su manejo.

Al considerarse el humedal como un ecosistema natural, tiene la facultad de depurar con el tiempo los contaminantes que puedan generar desequilibrio ecosistémico y partiendo de este principio las estrategias planteadas se fijaron para prevenir la contaminación futura del humedal en el sector de estudio, no obstante es importante resaltar que las estrategias resolverían estas problemáticas para la protección de todo el humedal.

El gobierno Nacional, el gobierno de la ciudad de Bogotá así como el departamento de Cundinamarca con la CAR y la EAAB en su intención de sanear el Río Bogotá, se encuentran en la construcción de una planta de tratamiento (PTAR), la cual tratará aguas de Bogotá y otros 41 municipios incluido Soacha, permitiendo suponer que las descargas que en la actualidad se realizan al humedal posiblemente se van a tratar en esta planta.

Dos estrategias propuestas para el manejo del humedal son el incremento del oxígeno disuelto presentado en la ficha y el dragado de lodos del humedal para aumentar su capacidad de transporte de agua y disminuir los contaminantes encontrados aunque sus concentraciones no estén excediendo el límite permisible.

7.3.1 Agua

Tabla 28 Ficha de manejo N° 1

NOMBRE ESTRATEGIA			Ficha N°: 1
OXIGENO DISUELTO			
IMPACTO			
Pérdida de fauna a causa de los deficientes niveles de oxígeno disuelto en el agua que disminuyen su			
OBJETIVO			
Aumentar la cantidad de oxígeno disuelto en el agua del Humedal Tierra Blanca			
TIPO DE ESTRATEGIA			
PREVENCIÓN	MITIGAR	RESTAURACIÓN	COMPENSAR
		X	
CAUSAS			
<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de vegetación invasora • Desechos provenientes de las viviendas aledañas y de invasión • Exceso de material orgánico • Deficiencia de aireación • Vertimientos domésticos 			
DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA - ACTIVIDADES A DESARROLLAR			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Retirar la cantidad de vegetación invasora del humedal, disminuyendo la cantidad de material orgánico y generar zonas con espejo de agua. 2. Realizar una limpieza de desechos en las aguas del humedal, recogiendo los residuos generados por los habitantes. 3. Incrementar la re aireación atmosférica por medio del retiro de vegetación de la superficie, la cual impide la adecuada oxigenación del agua así como también afecta la producción de oxígeno por fotosíntesis. 4. Realizar un control de vertimientos a cargo de la autoridad ambiental competente. 			
PROFESIONAL ACARGO			
Ingeniero Ambiental			

Tabla 29 Ficha de manejo N° 2

NOMBRE ESTRATEGIA			Ficha N° 2
PLOMO- ZINC			
IMPACTO			
Pérdida de flora y fauna así como de la calidad del agua			
OBJETIVO			
Disminuir el aporte de plomo zinc que generan las industrias aledañas			
TIPO DE ESTRATEGIA			
PREVENCIÓN	MITIGAR	RESTAURACIÓN	COMPENSAR
	X		
CAUSAS			
<ul style="list-style-type: none"> Aporte de metales pesados generados por las industrias metálicas, de ornamentación y pinturas, que se encuentran en los alrededores del Humedal. 			
DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA			
<ul style="list-style-type: none"> Exigir tratamientos de aguas residuales terciarios a las industrias, para así disminuir las elevadas concentraciones, <p>A continuación se mencionan algunos métodos utilizados en el tratamiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> Remoción de los contaminantes por precipitación como sales básicas, hidróxidos insolubles o con precipitado junto a hidróxido férrico o carbonato de calcio en el tratamiento con cal o sosa caustica, se añade sulfato de hierro y de aluminio como coagulante, sin embargo con esta técnica no son eliminados completamente. El carbón activo es una buena posibilidad para disminuir la concentración de estos metales por debajo de los límites permisibles. En anterior tratamiento puede ser más efectivo si se antecede con un tratamiento con cloruro férrico, con la intención de formar flóculos de hidróxido de hierro que adsorben metales pesados de forma efectiva. <p>NOTA: La primera estrategia aumenta las cantidades de lodo y elevados costos económicos.</p>			
PROFESIONAL ACARGO			
Ingeniero Ambiental			

Tabla 30 Ficha de manejo N° 3

NOMBRE ESTRATEGIA			Ficha N°: 3
NITRÓGENO			
IMPACTO			
Eutrofización			
OBJETIVO			
Disminuir la cantidad de Nitrógeno presente en el humedal y por ende la eutrofización.			
TIPO DE ESTRATEGIA			
PREVENCIÓN	MITIGAR	RESTAURACIÓN	COMPENSAR
	X		
CAUSAS			
<ul style="list-style-type: none"> Aporte de detergentes provenientes de descargas domésticas principalmente. 			
DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA - ACTIVIDADES A DESARROLLAR			
<p>Antes:</p> <p>1. Mediante nitrificación donde se utilizan bacterias Nitrosomas y Nitrobáctera las cuales requieren condiciones características, el nitrógeno se convierte en nitrito y luego en nitrato, requiriendo de la presencia de oxígeno; posteriormente con una reacción de descomposición anaerobia de la MO (desnitrificación) donde se requiere la ausencia de oxígeno, aquí se toma el oxígeno de los nitratos, se produce gas el cual es eliminado y resulta un fango decantable con alto contenido de materia orgánica.</p> <p>Después:</p> <p>2. Haciendo control de las conexiones erradas para un control en las aguas residuales.</p>			
PROFESIONAL ACARGO			
Ingeniero Ambiental			

Tabla 31 Ficha de manejo N°4

NOMBRE ESTRATEGIA			Ficha N°: 4
FÓSFORO			
IMPACTO			
Eutrofización			
OBJETIVO			
Disminuir las cantidades de fosforo en las aguas del humedal y así disminuir la eutrofización			
TIPO DE ESTRATEGIA			
PREVENCIÓN	MITIGAR	RESTAURACIÓN	COMPENSAR
	X	X	
CAUSAS			
<ul style="list-style-type: none"> Aporte de detergentes provenientes de descargas domesticas principalmente. 			
DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA -ACTIVIDADES A DESARROLLAR			
<p>Antes:</p> <ol style="list-style-type: none"> Método químico: Se adicionan sales de hierro, aluminio o calcio con el objetivo de obtener fosfatos e hidróxidos de fósforo ya que estos decantan rápida y fácilmente. Método biológico: En la descomposición anaerobia de la materia orgánica, se producen ácidos volátiles grasos que son empleados por bacterias defosfatantes para transformar los polifosfatos presentes en fosfatos disueltos. Posteriormente, en medio aerobio, esta materia orgánica se mineraliza y el fósforo es reabsorbido por las células en cantidades considerablemente mayores que las liberadas en la fase anaerobia. <p>Después:</p> <ol style="list-style-type: none"> Haciendo control de las conexiones erradas para un control en las aguas residuales. 			
PROFESIONAL ACARGO			
Ingeniero Ambiental			

7.3.2 Lodo

Tabla 32 Ficha de manejo N° 5

NOMBRE ESTRATEGIA			Ficha N°: 5
DRAGADO LODOS			
IMPACTO			
Contaminación de humedal y perdida del espejo			
OBJETIVO			
<ul style="list-style-type: none">Recuperar el espejo de agua.Retirando los sedimentos y basuras del humedal Tierra Blanca			
TIPO DE ESTRATEGIA			
PREVENCIÓN	MITIGAR	RESTAURACIÓN	COMPENSAR
		X	
CAUSAS			
<ul style="list-style-type: none">Elevados contenidos de materia orgánicaImplementación de estrategias para el manejo de contaminantes las cuales aumentan las cantidades de lodo presentes.			
DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA -ACTIVIDADES A DESARROLLAR			
<ol style="list-style-type: none">Extraer el material del fondo, utilizando maquinaria especializada (Dragas)Transporte de material desde el humedal hasta la zona donde se va a disponer.Selección del método para realizar el vertido en la zona de disposición, se puede realizar por descarga de fondo o por bombeo con tubería.			
<p>NOTA: Los lodos resultantes del dragado se están aprovechando más frecuentemente en la actualidad para el tratamiento de suelos degradados, revegetalización y preparación de abono en caso de que cuenten con las características para este último uso.</p> <ul style="list-style-type: none">Si al momento de realizar esta operación ya se cuenta con normatividad Colombiana aplicable se puede asignar uso a este lodo con más confianza, debido a que los parámetros externos no garantizan un adecuado manejo para este lodo.De acuerdo a los análisis e lodos realizados es el lodo, este se puede utilizar para disposición en zonas de suelos degradados con el fin de recuperar una cobertura vegetal o programas de revegetalización sin fines agrícolas.			

PROFESIONAL ACARGO
Ingeniero Ambiental

8 CONCLUSIONES

- La calidad del agua del humedal Tierra Blanca está afectada principalmente por bajos niveles de oxígeno disuelto (0), así como por la presencia de metales pesados como son el Zinc en concentraciones entre (0,01 y 0,03 mg/l) aproximadamente y el Plomo entre (0,189 y 0,553 mg/L) aproximadamente los cuales superan las concentraciones permisibles para la conservación de flora y fauna según el decreto 1594 de 19842 en el cual se estipulan los usos al agua.
- Los parámetros analizados para la identificación de la calidad de los lodos presentes en el humedal, evidencio que según la normativa internacional no presentan contaminación al no superar los rangos establecidos, no obstante es importante destacar que la estrategia de dragado propuesta ayudara a que estos niveles disminuyan aún más, recuperando su capacidad de retención de agua y embelleciendo del ecosistema. El lodo resultante del dragado se puede utilizar para disponerlos en zonas de suelos degradados con el fin de recuperar una cobertura vegetal así como en programas de revegetalización sin fines agrícolas.
- Las colmatación presente en el Humedal indica excesos de fósforo con valores entre 6,139 y 7,803 mg/L y valores de nitrógeno entre 12,80 y 37,60 mg/L, generalmente causados por vertimiento de detergentes, estos excesos de concentración se comprueban revisando los resultados de los análisis realizados; para contrarrestar esta situación se debe remover el exceso de cobertura vegetal acuática invasora para permitir la recuperación de espejo de agua y restablecer algunas de las condiciones como por ejemplo el oxígeno disuelto al aumentarse la aireación en el ecosistema.

- Los niveles de contaminación en el humedal son consecuencia de inadecuadas prácticas por parte de los habitantes del sector y no se cuenta con tratamientos previos para los vertimientos generados en estas industrias, los contaminantes llegan al humedal afectando sus condiciones hídricas y biológicas.

9 RECOMENDACIONES

- La falta de legislación aplicable para Colombia en el caso de lodos, limita el progreso de proyectos como el tratado en este documento, se recomienda mayor atención y legislar en este tema.
- Se recomienda a futuros proyectos la caracterización y análisis de los vertimientos de las industrias cercanas las cuales aportan cargas contaminantes al humedal Tierra Blanca.
- Es importante resaltar que se requiere de una mayor atención y seguimiento a las pequeñas industrias, debido a que no tener en cuenta sus actividades resta importancia al aporte que mencionadas industrias realizan a cuerpos hídricos como el Humedal Tierra Blanca.

Anexo 1 Cartografía Humedal Tierra Blanca



Anexo 2 Análisis estadístico parámetros de aguas

NITROGENO ORGÁNICO												
	NOVIEMBRE			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Promedio	17,6000	20,8000	12,8000	36,8000	28,0000	30,4000	35,2000	18,4000	23,2000	37,6000	22,4000	23,2000
Media	17,5647	20,7684	12,7519	36,7829	27,9767	30,3786	35,1815	18,3641	23,0942	37,5827	22,3721	23,1717
Mediana	16,8000	21,6000	12,0000	36,0000	28,8000	31,2000	36,0000	19,2000	21,6000	38,4000	21,6000	24,0000
Desviación estandar	1,3856	1,3856	1,3856	1,3856	1,3856	1,3856	1,3856	1,3856	2,7713	1,3856	1,3856	1,3856
varianza	1,9200	1,9200	1,9200	1,9200	1,9200	1,9200	1,9200	1,9200	7,6800	1,9200	1,9200	1,9200

DQO												
	NOVIEMBRE			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Promedio	64,0000	80,0000	176,0000	16,0000	96,0000	136,0000	24,0000	80,0000	184,0000	224,0000	272,0000	184,0000
Media	64,0000	80,0000	176,0000	16,0000	96,0000	136,0000	24,0000	80,0000	184,0000	224,0000	272,0000	184,0000
Mediana	64,0000	80,0000	176,0000	16,0000	96,0000	136,0000	24,0000	80,0000	184,0000	224,0000	272,0000	184,0000
Desviación estandar	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
varianza	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

DBO												
	NOVIEMBRE			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Promedio	30,5000	27,0000	19,0000	9,0000	7,5000	9,0000	10,5000	11,5000	16,5000	37,5000	25,5000	21,0000
Media	30,4959	27,0000	19,0000	9,0000	7,4833	9,0000	10,4881	11,4891	16,4924	37,4967	25,4951	21,0000
Mediana	30,5000	27,0000	19,0000	9,0000	7,5000	9,0000	10,5000	11,5000	16,5000	37,5000	25,5000	21,0000
Desviación estandar	0,7071	0,0000	0,0000	0,0000	0,7071	0,0000	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,0000
varianza	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,0000

METALES AGUA												
ANALISIS	NOVIEMBRE											
	Pb			Mg			Cd			Zn		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Promedio	0,0305	0,0327	0,0280	0,0670	0,0773	0,0710	0,0011	0,0038	0,0000	0,3210	0,2873	0,0907
Media	0,0304	0,0326	0,0280	0,0669	0,0772	0,0708	0,0010	0,0037	#¡NUM!	0,3210	0,2873	0,0904
Mediana	0,0315	0,0330	0,0278	0,0690	0,0780	0,0678	0,0011	0,0035	0,0000	0,3200	0,2870	0,0940
Desviación estandar	0,0022	0,0015	0,0012	0,0044	0,0060	0,0071	0,0002	0,0008	0,0000	0,0066	0,0055	0,0076
varianza	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001

METALES AGUA												
FEBRERO												
	Pb			Mg			Cd			Zn		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
	0,0307	0,0328	0,0296	0,0797	0,0720	0,0693	0,0000	0,0035	0,0001	0,3823	0,3227	0,1577
	0,0306	0,0327	0,0295	0,0795	0,0717	0,0692	#¡NUM!	0,0034	#¡NUM!	0,3823	0,3226	0,1576
	0,0293	0,0331	0,0297	0,0810	0,0740	0,0700	0,0000	0,0036	0,0000	0,3820	0,3210	0,1580
	0,0028	0,0016	0,0015	0,0061	0,0082	0,0060	0,0000	0,0004	0,0001	0,0035	0,0047	0,0045
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

METALES AGUA												
MARZO												
	Pb			Mg			Cd			Zn		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
	0,0270	0,0266	0,0244	0,1623	0,1796	0,1684	0,0001	0,0037	0,0000	0,0015	0,0108	0,0109
	0,0263	0,0266	0,0242	0,1604	0,1796	0,1684	#¡NUM!	0,0036	#¡NUM!	#¡NUM!	0,0108	0,0109
	0,0270	0,0266	0,0230	0,1790	0,1796	0,1692	0,0000	0,0030	0,0000	0,0015	0,0105	0,0109
	0,0085	0,0020	0,0036	0,0297	0,0002	0,0031	0,0001	0,0012	0,0000	0,0021	0,0005	0,0001
	0,0001	0,0000	0,0000	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

METALES AGUA												
ABRIL												
	Pb			Mg			Cd			Zn		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
	0,0345	0,0343	0,0245	0,6310	0,7177	0,6940	0,0000	0,0037	0,0002	0,3533	0,3533	0,1550
	0,0344	0,0342	0,0244	0,6310	0,7160	0,6934	#¡NUM!	0,0034	#¡NUM!	0,3519	0,3533	0,1547
	0,0345	0,0340	0,0245	0,6300	0,6960	0,7130	0,0000	0,0040	0,0000	0,3710	0,3547	0,1550
	0,0035	0,0035	0,0015	0,0046	0,0605	0,0347	0,0000	0,0015	0,0003	0,0377	0,0062	0,0120
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0037	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000	0,0014	0,0000	0,0001

pH												
	NOVIEMBRE			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Promedio	7,6467	7,6967	7,8233	7,0367	6,7167	6,4867	7,0233	6,7200	6,6067	7,0400	6,8500	6,9367
Media	7,6459	7,6967	7,8233	7,0366	6,7167	6,4867	7,0233	6,7200	6,6066	7,0399	6,8500	6,9366
Mediana	7,7000	7,7000	7,8200	7,0400	6,7200	6,4900	7,0200	6,7200	6,6100	7,0500	6,8600	6,9400
Desviación estandar	0,1286	0,0153	0,0252	0,0252	0,0153	0,0153	0,0252	0,0200	0,0252	0,0361	0,0265	0,0252
varianza	0,0165	0,0002	0,0006	0,0006	0,0002	0,0002	0,0006	0,0004	0,0006	0,0013	0,0007	0,0006

FOSFORO												
	NOVIEMBRE			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Promedio	6,7278	7,2702	6,9304	6,1389	7,5047	7,7826	6,2455	6,9626	6,7212	6,8591	6,8131	7,4707
Media	6,7269	7,2700	6,9301	6,1388	7,5009	7,7804	6,2424	6,9625	6,7212	6,8510	6,8131	7,4707
Mediana	6,6972	7,2449	6,9451	6,1375	7,5047	7,7826	6,2455	6,9626	6,7212	6,8591	6,8131	7,4707
Desviación estandar	0,1365	0,0695	0,0790	0,0260	0,3392	0,2572	0,2770	0,0588	0,0170	0,4721	0,0339	0,0141
varianza	0,0186	0,0048	0,0062	0,0007	0,1151	0,0662	0,0767	0,0035	0,0003	0,2229	0,0012	0,0002

Anexo 3 Análisis estadístico parámetros de lodos

pH												
	NOVIEMBRE			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Promedio	7,5900	7,7533	7,8333	7,0433	6,6900	6,4733	7,0433	6,6233	6,4767	7,0100	6,6867	6,8033
Media	7,5900	7,7533	7,8333	7,0433	6,6900	6,4733	7,0433	6,6233	6,4763	7,0099	6,6867	6,8033
Mediana	7,5900	7,7500	7,8300	7,0400	6,6900	6,4700	7,0500	6,6300	6,4300	7,0000	6,6900	6,8000
Desviación estandar	0,0100	0,0153	0,0153	0,0153	0,0100	0,0153	0,0404	0,0208	0,0896	0,0361	0,0153	0,0153
varianza	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0002	0,0016	0,0004	0,0080	0,0013	0,0002	0,0002

MATERIA ORGÁNICA												
	NOVIEMBRE			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Promedio	2,6800	3,6184	2,5770	15,6061	18,3566	13,7281	14,6848	9,1892	11,3421	16,6503	19,7332	14,4795
Media	2,6645	3,6032	2,5765	15,6047	18,2872	13,6428	14,5237	9,1882	11,3416	16,6490	19,7085	14,4499
Mediana	2,8169	3,8417	2,5528	15,5594	19,3688	14,7653	13,5080	9,1595	11,4142	16,7191	19,0627	14,9970
Desviación estandar	0,3442	0,3970	0,0572	0,2595	0,1293	0,0215	0,5512	0,1632	0,1289	0,2575	0,0506	0,1756
varianza	0,1185	0,1576	0,0033	0,0673	0,0112	0,0005	0,3038	0,0266	0,0166	0,0663	0,0026	0,0308

CARBONO ORGÁNICO												
	NOVIEMBRE			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Promedio	5,0482	7,1416	4,7668	9,4305	4,6941	7,3605	9,4971	6,6138	7,4051	5,2385	4,5351	0,6132
Media	5,0439	7,1411	4,7650	9,4305	4,6926	7,3513	9,4874	6,6087	7,3966	5,2289	4,5312	0,3899
Mediana	5,0482	7,1467	4,7413	9,4305	4,7647	7,1535	9,4971	6,5952	7,1762	5,0659	4,4617	0,7740
Desviación estandar	0,2921	0,1029	0,1616	0,0170	0,1447	0,4553	0,6068	0,3184	0,4395	0,3933	0,2317	0,4762
varianza	0,0853	0,0106	0,0261	0,0003	0,0209	0,2073	0,3683	0,1014	0,1932	0,1547	0,0537	0,2268

DENSIDAD REAL												
	NOVIEMBRE			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Promedio	2,5819	2,4622	2,3464	2,5786	2,5969	2,4419	2,5151	2,4493	2,4578	2,4527	2,2936	2,5296
Media	2,5794	2,4622	2,3463	2,5785	2,5942	2,4417	2,5079	2,4479	2,4577	2,4485	2,2932	2,5269
Mediana	2,5700	2,4633	2,3540	2,5691	2,5832	2,4411	2,6092	2,4068	2,4614	2,4076	2,3239	2,5401
Desviación estandar	0,1403	0,0143	0,0278	0,0345	0,1442	0,0362	0,2292	0,0995	0,0325	0,1771	0,0574	0,1410
varianza	0,0197	0,0002	0,0008	0,0012	0,0208	0,0013	0,0525	0,0099	0,0011	0,0314	0,0033	0,0199

BASES INTERCAMBIABLES																		
	NOVIEMBRE									FEBRERO								
	Ca			Na			Mg			Ca			Na			Mg		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Promedio	0,9464	0,6237	0,5286	1,2782	1,4508	1,1026	0,1915	0,1707	0,1947	1,0864	0,9834	0,9215	2,1456	1,8637	1,7305	0,1549	0,1826	0,1629
Media	0,9463	0,6230	0,5286	1,2781	1,4508	1,1025	0,1911	0,1706	0,1946	1,0863	0,9825	0,9215	2,1455	1,8634	1,7302	0,1549	0,1826	0,1628
Mediana	0,9464	0,6102	0,5269	1,2782	1,4508	1,1026	0,1834	0,1705	0,1913	1,0864	0,9834	0,9215	2,1456	1,8637	1,7305	0,1553	0,1826	0,1629
Desviación estandar	0,0107	0,0381	0,0044	0,0215	0,0095	0,0219	0,0160	0,0086	0,0063	0,0182	0,0585	0,0032	0,0268	0,0503	0,0452	0,0028	0,0040	0,0083
varianza	0,0001	0,0015	0,0000	0,0005	0,0001	0,0005	0,0003	0,0001	0,0000	0,0003	0,0034	0,0000	0,0007	0,0025	0,0020	0,0000	0,0000	0,0001

BASES INTERCAMBIABLES																	
MARZO									ABRIL								
Ca			Na			Mg			Ca			Na			Mg		
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
1,3722	0,7226	0,8392	2,4159	1,5840	1,0989	0,3228	0,2808	0,2590	1,2917	0,2260	0,4964	0,9040	0,9025	1,2112	0,2509	0,2762	0,2859
1,3722	0,7226	0,8392	2,4157	1,5838	1,0989	0,3228	0,2808	0,2590	1,2916	0,2259	0,4962	0,9040	0,9008	1,2111	0,2508	0,2762	0,2859
1,3722	0,7226	0,8392	2,4159	1,5840	1,0989	0,3204	0,2808	0,2590	1,2917	0,2260	0,4964	0,9040	0,9025	1,2112	0,2537	0,2762	0,2866
0,0070	0,0035	0,0027	0,0495	0,0277	0,0025	0,0067	0,0005	0,0040	0,0034	0,0092	0,0222	0,0144	0,0782	0,0218	0,0052	0,0022	0,0036
0,0000	0,0000	0,0000	0,0025	0,0008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0005	0,0002	0,0061	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO												
	NOVIEMBRE			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Promedio	33,6487	26,6296	33,3000	44,6424	47,3245	44,6199	38,7926	25,5347	32,4340	48,5269	32,2998	38,7142
Media	33,6485	26,6280	33,2994	44,6423	47,3204	44,6199	38,7921	25,5332	32,4339	48,5258	32,2997	38,7141
Mediana	33,6487	26,6296	33,3172	44,7179	47,3245	44,6199	38,9243	25,7144	32,4142	48,4678	32,2998	38,7543
Desviación estandar	0,1327	0,4085	0,2371	0,1432	0,8777	0,0067	0,2342	0,3358	0,1049	0,4120	0,1245	0,1077
varianza	0,0176	0,1669	0,0562	0,0205	0,7704	0,0000	0,0549	0,1128	0,0110	0,1698	0,0155	0,0116

METALES LODO												
ANALISIS	NOVIEMBRE											
	Pb			Mg			Cd			Zn		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Promedio	0,2100	0,5173	0,0003	0,1523	0,0930	0,1880	0,0120	0,0010	0,0007	0,6327	1,1057	0,7947
Media	0,2100	0,5173	#¡NUM!	0,1523	0,0929	0,1880	0,0113	#¡NUM!	#¡NUM!	0,6325	1,1056	0,7946
Mediana	0,2090	0,5180	0,0000	0,1520	0,0930	0,1870	0,0130	0,0000	0,0000	0,6310	1,1090	0,7930
Desviación estandar	0,0046	0,0070	0,0006	0,0045	0,0060	0,0046	0,0046	0,0017	0,0012	0,0186	0,0095	0,0067
varianza	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0001	0,0000

METALES LODO											
FEBRERO											
Pb			Mg			Cd			Zn		
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
0,1893	0,4327	0,0023	0,1543	0,1530	0,1963	0,0063	0,0007	0,0010	0,4320	1,0150	0,7350
0,1893	0,4326	#¡NUM!	0,1543	0,1530	0,1963	0,0057	#¡NUM!	#¡NUM!	0,4319	1,0150	0,7350
0,1900	0,4310	0,0020	0,1540	0,1520	0,1980	0,0070	0,0000	0,0000	0,4350	1,0150	0,7350
0,0060	0,0057	0,0025	0,0055	0,0046	0,0057	0,0031	0,0012	0,0017	0,0098	0,0080	0,0070
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000

METALES LODO											
MARZO											
Pb			Mg			Cd			Zn		
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
0,2200	0,5530	0,0000	0,1987	0,1553	0,2130	0,0027	0,0000	0,0000	0,4783	0,8203	0,6040
0,2200	0,5529	#¡NUM!	0,1987	0,1553	0,2130	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0,4780	0,8202	0,6014
0,2200	0,5580	0,0000	0,1980	0,1540	0,2120	0,0030	0,0000	0,0000	0,4760	0,8240	0,6300
0,0020	0,0114	0,0000	0,0031	0,0061	0,0056	0,0025	0,0000	0,0001	0,0216	0,0168	0,0669
0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0003	0,0045

METALES LODO											
ABRIL											
Pb			Mg			Cd			Zn		
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
0,1867	0,5077	0,0063	0,1479	0,1409	0,1690	0,0120	0,0030	0,0017	0,7537	1,0993	0,8580
0,1770	0,5070	#¡NUM!	0,1475	0,1350	0,1550	0,0114	#¡NUM!	#¡NUM!	0,7195	1,0571	0,8450
0,2100	0,5100	0,0000	0,1468	0,1560	0,2030	0,0110	0,0010	0,0000	0,6980	1,1100	0,7560
0,0681	0,0326	0,0110	0,0128	0,0465	0,0750	0,0046	0,0044	0,0029	0,2817	0,3641	0,1898
0,0046	0,0011	0,0001	0,0002	0,0022	0,0056	0,0000	0,0000	0,0000	0,0793	0,1326	0,0360

Anexo 4 Imágenes



Punto 1 Humedal Tierra Blanca



Punto 2 Humedal Tierra Blanca



Punto 3 Humedal Tierra Blanca

11 BIBLIOGRAFÍA

Marco del Agua, (2014). Manual de restauración

Bowles.J. (1996). Foundation Analysis and Design. McGraw-Hill.

Cajicá, A. M. (2012). Plan de Desarrollo Municipal. Cajicá. D, B. (2010). Geotechnical Engineering Handbook.

D, B. (2012). Fundamentos de ingeniería de Funcdaciones. Cengage Learning. Dapena, E. y. (s.f.). Eliminación de fósforo en las aguas residuales.

Asociación Internacional de empresas de dragado. (2010). Dragado por el desarrollo. Nueva Jersey: Nick Bray y Marsha Cohen.

Drcalderon.(2015). (s.f.). drcalderonlabs. Obtenido de http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DBO5.htm

Engineers, U. A. (1991). Desing Pile Foundations. Washington DC. FAO. (2009). Guia para la descripción de suelos. Italia: FAO.

Fuentes, J. S. (2001). El fósforo, Parámetro crítico de la calidad del agua. Valencia. Geo2. (2014). Estudio Geotecnico. Ampliacion puente vehicular La Caro.

Gil, C. A. (2009). Estandarización y validación de una técnica para medición de DBO y DQO. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1780/1/57253L563.pdf>.

Gutiérrez, A. M. (2010). La densidad aparente en los suelos forestales. Sevilla.

H., D. M. (2011). Validación de la metodología por el método estándar 3111. Pereira. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1780/1/57253L563.pdf>. (2007). Calidad del agua. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>

Hunt, R. E. (1984). Geotechnical Engineering Investigation Manual. McGraw-Hill Inc.

Inegi. (2000). Guía normativa-Metodológica- Los análisis físicos y químicos en la cartografía.

INVIAS. (1998). Manual de estabilidad de Taludes. ECI.

J, S. (1998). Deslizamientos y estabilidad de Taludes en zonas tropicales. Ediciones UIS. L&L. (2014). Ampliación puente La Caro. Memorias de Cálculo (Diseño estructural).

Negrete, J. L. (2011). Evaluación de la contaminación por metales pesados en la ciénaga La Soledad y Banía de Cispatá, Cuenca del bajo Sinú, Departamento de Córdoba. Montería.

Otros, V. y. (2002). Ingeniería Geológica. Pearson Educación S.A. Pulla, E. P. (2007). Calidad del agua. Guayaquil.

Sismica, A. C. (2014). Norma Colombiana de Diseño de Puentes. Bogota. Terán, I. R. (s.f.). Medición de pH y dureza. Alcaldía de Soacha. (2014). Ecosistemas Estratégicos. Retrieved from http://www.soacha-cundinamarca.gov.co/documentos_municipio.shtml?apc=bf-x-1-&r=Medio Ambiente

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Factores de afectación de los humedales en Colombia. www.minambiente.gov.co. Retrieved from <http://www.minambiente.gov.co//contenido/contenido.aspx?conID=5088&catID=1068>

Andrade P et al, A. (2002). Política Nacional para Humedales interiores de Colombia (1st ed.). BOGOTÁ D.C.

Antoni Canicio et al. (2005). Gestión y restauración de humedales. España.

Ariza R, L. (2011). Humedales del Territorio CAR. BOGOTÁ D.C.

Bardecki, M. J. (1991). Wetlands and Climate Change: a Speculative Review. Canadian Water Resources Journal, 16(1), 9–22. doi:10.4296/cwrj1601009.

Hopkinson, C., Horrigan, K., Cane, T., Gaborit, S., McLernon, S., Pennington, S, McTavish,.

M. (1997). an Integrated Approach To the Planning and Management of Urban Wetlands: the Case of Bechtel Park Wetland, Waterloo, Ontario. Canadian Water Resources Journal, 22(1), 45–56. doi:10.4296/cwrj2201045.

IGAC. (2014). Métodos analíticos empleados por el Laboratorio Nacional de Suelos. BOGOTÁ D.C. Retrieved from <http://www.igac.gov.co:10040/wps/wcm/connect/Web+Tramites+y+Servicios/Servicios/Servicios/Laboratorio+de+Suelos/LaboratorioSuelos>.

Jimenez A, O. D. (2013). Tierra Blanca y Aguas negras. Humedales Bogota. Retrieved from <http://humedalesbogota.com/2013/02/21/tierra-blanca-y-aguas-negras/>

Jimenez R, M. J. (2000). Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Soacha. Soacha.

Lindig-cisneros, R. (2001). Aplicaciones prácticas para la conservación y restauración de humedales y otros ecosistemas acuáticos.

MADS. (2010). Humedales. www.minambiente.gov.co. Retrieved from <http://www.minambiente.gov.co//contenido/contenido.aspx?conID=4747&catID=1042>

Peck, D. (2013). Manual de la Convención de Ramsar. Ramsar.

SAG. (2006). Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales. Chile.

Salazar L, L. (2006). Revisión y ajuste del plan de manejo ambiental del Humedal Tierra Blanca (p. 31). BOGOTÁ D.C.

SETENA. (2006). Guía de identificación y manejo para humedales en propiedades privadas en

Costa Rica. Costa Rica.

Contraloría –municipal de Soacha. (2012). Informe de seguimiento de humedales Municipio de Soacha. BOGOTÁ D.C.

Tiéga, A. et al. (2008). Convención sobre los humedales. Ramsar.

Zagal et al, E. (2007). Protocolo de métodos de análisis para suelos y lodos. Chillan- Chile.

Terán, Isabel Romero. (2015). Medición de pH y Dureza.

Gomez, D. M. (2011). Validacion de la metodologia por le metodo 3111 a- absorción atómica para el analisis de metales pesados en muestras de aguas y aguas residuales. Pereira.

IADC. (2010). Dragado por el desarrollo.

Martinez, E. et al. (2004). Carbono orgánico y propiedades del suelo. Chile.

Rice E et al, (2012). Standard methods for the examination water and wastewater. Washington. American Public Health Association.

Henríquez, M. et al, (2005) Determinación de la capacidad de intercambio catiónico en arena y caolín usando acetato de amonio, acetato de sodio y cloruro de amonio.

IDEAM, (2007) Nitrógeno total en agua por el método semi- micro Kjeldahl- electrodo de amoníaco.

Ministerio del Medio Ambiente, (2002) Política Nacional para humedales interiores de Colombia.

Alcaldía Mayor de Bogotá- DAMA, (2006), Política de humedales del distrito capital.

Alcaldía Mayor de Bogotá (2008), Plan de manejo ambiental humedal Córdoba.

Nava, C (2010) Medición de calidad del agua. CONAGUA.

Ministerio de Desarrollo Económico, (2000), Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS.